



**PROTOTIPE SISTEM MONITORING PARAMETER PEMBANGKIT  
LISTRIK TENAGA SURYA BERBASIS *INTERNET OF THINGS***

**PROYEK AKHIR**

Diajukan kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta  
untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan guna Memperoleh  
Gelar Ahli Madya



Disusun Oleh :  
Salsabila Ulfah Tian  
NIM 14506134004

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
2017**

**PERSETUJUAN**  
**PROYEK AKHIR**  
Dengan Judul  
**PROTOTIPE SISTEM MONITORING PARAMETER PEMBANGKIT**  
**LISTRIK TENAGA SURYA BERBASIS *INTERNET OF THINGS***  
Dipersiapkan dan disusun oleh :  
**SALSABILA ULFAH TIAN**  
**NIM : 14506134004**  
Telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk diujikan di depan  
Dosen Pengaji Tugas Akhir  
Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta  
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya

Yogyakarta, 25 September 2017  
Dosen Pembimbing Proyek Akhir



**Rustam Asmawi, M.T., Ph.D**  
**NIP. 19720127 199702 1 001**

## PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Salsabila Ulfah Tian

NIM : 14506134004

Jurusan : Pendidikan Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Judul Proyek Akhir :

### PROTOTIPE SISTEM MONITORING PARAMETER PEMBANGKIT

#### **LISTRIK TENAGA SURYA BERBASIS *INTERNET OF THINGS***

Menyatakan bahwa Proyek Akhir ini benar-benar merupakan karya sendiri dalam ide maupun desain kecuali penggerjaan diluar bidang Teknik Elektro. Karya ini saya buat sebagai salah satu syarat guna mendapatkan gelar Ahli Madya di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Sepanjang pengetahuan saya, tidak ada karya atau pendapat orang lain yang ditulis atau diterbitkan kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan tata tulis yang lazim.

Yogyakarta, 26 September 2017

Yang Menyatakan



**Salsabila Ulfah Tian**

**NIM 14506134004**

**PENGESAHAN**  
**PROYEK AKHIR**  
Dengan judul  
**PROTOTIPE SISTEM MONITORING PARAMETER PEMBANGKIT**  
**LISTRIK TENAGA SURYA BERBASIS INTERNET OF THINGS**

Disusun oleh :

Salsabila Ulfah Tian  
NIM 14506134004

Telah dipertahankan di depan Dewan Pengaji Tugas Akhir

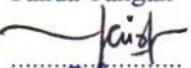
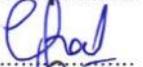
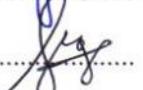
Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta

Pada Tanggal 25 Oktober 2017

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat guna memperoleh

Gelar Ahli Madya Teknik Program Studi Teknik Elektro

**Dewan Pengaji**

	Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Rustam Asnawi, M.T., Ph.D	Ketua Pengaji		28-10-17
2.	Ariadie Chandra Nugraha, S.T., M.T	Sekretaris		27-10-17
3.	Sigit Yatmono, ST., M.T	Pengaji Utama		26-10-17

Yogyakarta, 30 Oktober 2017

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta



Dr. Widarto, M.Pd

NIP 19631230 198812 1 001

## **MOTTO**

Khoirunnasanfahum linnas

Man Jadda Wa Jadda

Man Shobaro Zafiro

Man Saaro ‘Alaa Darbi Washola

## **PERSEMBAHAN**

Laporan Proyek Akhir ini dengan rasa syukur, saya persembahkan kepada :

1. Kedua orangtuaku Bapak Wahyanto dan Ibu Welas Hartati, Keluarga Besar Mbah Soekemi dan Mbah Parmin, serta adik-adik tercinta Ghina dan Rina yang selalu memberikan dukungan, perhatian, motivasi, dan tak pernah lupa saling mendo'akan dalam kebaikan.
2. Bapak Rustam Asnawi, M.T., Ph.D selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing dan membantu menyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Teman-teman seperjuanganku Teknik Elektro D3 2014. Terimakasih untuk bantuan, dukungan, dan semangatnya.
4. Teman-teman Ormawa terutama Himpunan Mahasiswa Elektro dan UKMF Olahraga terimakasih kekompakannya, pengalaman, ilmu, dan motivasi yang sangat berharga berkesan.
5. Teman-teman Tim Robotika UNY terimakasih atas kerjasama, motivasi, ilmu, dan pengalaman.
6. Teman-teman dan adik-adik Senyumkita terimakasih telah berbagi keceriaan, memberi inspirasi, motivasi, dan mengajarkan arti kata syukur yang lebih dalam.
7. Dosen-dosen dan seluruh jajaran Jurusan Pendidikan Teknik Elektro UNY yang telah memfasilitasi dan mengajarkan ilmu.
8. Almaterku tercinta Universitas Negeri Yogyakarta.

# **PROTOTIPE SISTEM MONITORING PARAMETER PEMBANGKIT**

## **LISTRIK TENAGA SURYA BERBASIS *INTERNET OF THINGS***

Oleh:  
Salsabila Ulfah Tian  
14506134004

### **ABSTRAK**

Tujuan dari Proyek Akhir ini adalah untuk merancang bangun perangkat keras, perangkat lunak dan mengetahui unjuk kerja prototipe sistem monitoring parameter pembangkit listrik tenaga surya berbasis *internet of things*. Sistem ini diharapkan dapat memudahkan proses monitoring parameter listrik dari panel surya dan parameter lingkungan yang berupa intensitas cahaya dalam sebuah pembangkit listrik tenaga surya secara rutin dan otomatis.

Metode pembuatan prototipe sistem monitoring parameter pembangkit listrik tenaga surya berbasis *internet of things* secara keseluruhan melalui 4 tahapan: (1) analisis dan identifikasi kebutuhan komponen yang dibutuhkan dalam proses pembuatan; (2) perancangan sistem monitoring; (3) implementasi sistem yang sudah dirancang; dan (4) pengujian serta evaluasi.

Hasil pengujian menunjukkan prototipe sistem monitoring PLTS ini dapat mendeteksi tegangan beban, tegangan pengisian baterai, arus beban, arus panel surya dan intensitas cahaya. Pembacaan sensor dikirim ke website menggunakan jaringan internet dengan bantuan modem GPRS *shield*. Tampilan pada website berupa tabel, grafik, dan dapat diunduh dengan format excel. Dengan adanya teknologi *internet of things* ini monitoring parameter pada pembangkit listrik tenaga surya dapat dilihat hanya dengan membuka halaman website di mana dan kapan saja.

Kata Kunci : monitoring, PLTS, *internet of things*

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya. Shalawat serta salam selalu kita curahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang kita nantikan syafaatnya hingga Yaummul Akhir.

Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “Prototipe Sistem Monitoring Parameter Pembangkit Listrik Tenaga Surya berbasis *Internet of Things*” dengan baik. Selesainya laporan ini atas dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempaan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Widarto, M.Pd selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Bapak Totok Heru Tri Maryadi, M.Pd selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Bapak Toto Sukisno, M.Pd selaku dosen Penasehat Akademik, Kepala Program Studi Teknik Elektro D3 yang selalu memberikan arahan, nasehat, dan bimbingannya.
4. Bapak Rustam Asnawi, Ph.D selaku Dosen Pembimbing dalam pembuatan Proyek Akhir.
5. Bapak Ariadie Chandra Nugraha, S.T., M.T selaku Sekretaris Penguji Proyek Akhir.
6. Bapak Sigit Yatmono, ST., M.T selaku Penguji Utama Proyek Akhir.
7. Bapak/Ibu Dosen, Teknisi, dan Staf Jutusan Pendidikan Teknik Elektro yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan dan fasilitas.

8. Kedua Orangtua, serta adik-adik terimakasih atas dukungan, motivasi, dan do'anya
9. Teman-teman seangkatan dan seperjuangan, terimakasih atas kerjasama dan dukungannya.
10. Semua pihak yang telah membantu yang tidak bisa disebutkan satu-persatu sehingga proyek akhir ini bisa selesai.

Penulis berharap semoga laporan proyek akhir ini dapat bermanfaat bagi diri sendiri dan semua pihak. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa yang akan datang.

Yogyakarta, 4 September 2017

Hormat saya,

Penulis

**DAFTAR ISI**

Hal	
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN MOTTO .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	2
C. Batasan Masalah .....	3
D. Rumusan Masalah.....	3
E. Tujuan Penelitian .....	4
F. Manfaat Penelitian .....	4
G. Keaslian Gagasan.....	5
<b>BAB II PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH.....</b>	<b>6</b>
A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	6

B. Komponen-Komponen.....	7
1. Mikrokontroler .....	7
2. GSM/GPRS Modul .....	9
3. Sensor Arus .....	10
4. Sensor Tegangan DC.....	11
5. Sensor Intensitas Cahaya BH1750 .....	12
6. <i>Transformator</i> (Trafo).....	12
7. Website.....	13
8. Panel Surya.....	15
9. <i>Solar Charger Control</i> .....	22
10. Akumulator .....	23
11. Inverter.....	27
<b>BAB III KONSEP PERANCANGAN .....</b>	<b>29</b>
A. Tahap Analisis dan Identifikasi Kebutuhan.....	30
B. Tahap Perancangan Perangkat Keras ( <i>Hardware</i> ).....	32
1. Perencangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	32
2. Perancangan Sistem Monitoring .....	34
C. Tahap Perancangan Perangkat Lunak ( <i>Software</i> ) .....	39
1. Perancangan Website .....	39
2. Perencanaan Program Arduino.....	42
D. Rencana Pengujian Alat .....	44
<b>BAB IV PENGUJIAN, HASIL, DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>47</b>
A. Realisasi Alat .....	47

B. Pengujian.....	48
1. Pengujian Sensor .....	49
2. Pengujian Kode Program .....	58
3. Pengujian Keseluruhan.....	62
C. Pembahasan.....	63
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>66</b>
A. Kesimpulan .....	66
B. Keterbatasan Alat.....	66
C. Saran .....	67
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>68</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>70</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 1. Arduino UNO R3 .....	8
Gambar 2. GPRS Modul SIM 900A .....	10
Gambar 3. Sensor Arus ACS712 .....	11
Gambar 4. Sensor Tegangan DC.....	12
Gambar 5. Sensor Intensitas Cahaya BH1750 .....	12
Gambar 6. Trafo Step-Down 1 A.....	13
Gambar 7. Halaman Depan 000webhost.com.....	14
Gambar 8. Panel Surya di Pantai Pandansimo .....	16
Gambar 9. Sistem Kerja Sel Surya.....	19
Gambar 10. Panel Surya Monocrystalline .....	19
Gambar 11. Panel Surya Polycrystalline.....	20
Gambar 12. Panel Surya Amorf .....	21
Gambar 13. Gambar Fisik SCC .....	22
Gambar 14. Bentuk Fisik Akumulator Sekunder.....	25
Gambar 15. Bagian-Bagian dari Akumulator .....	26
Gambar 16. Inverter .....	27
Gambar 17. Alur Perancangan .....	29
Gambar 18. Sistem Panel Surya.....	32
Gambar 19. Blok Diagram Perancangan Alat.....	34
Gambar 20. Rangkaian Sensor ACS 712 .....	35
Gambar 21. Rangkaian Sensor Tegangan DC.....	36
Gambar 22. Rangkain Sensor Tegangan AC .....	36

Gambar 23. Pemasangan Sensor BH1750 .....	37
Gambar 24. Pemasangan SIM 900A pada Arduino .....	38
Gambar 25. Box Alat .....	38
Gambar 26. Proses Perancangan Box .....	39
Gambar 27. Halaman Sign Up .....	41
Gambar 28. Tampilan PHPMyAdmin .....	42
Gambar 29. File Manager .....	42
Gambar 30. Diagram Alir Program.....	43
Gambar 31. Tampilan Software Arduino IDE .....	44
Gambar 32. Hasil Realisasi Alat Monitoring.....	47
Gambar 33. Bagian dalam Box .....	48
Gambar 34. Hasil Realisasi Website.....	48
Gambar 35. Rangkaian Pengujian Sensor Tegangan AC.....	50
Gambar 36. Pengujian Sensor Tegangan AC.....	51
Gambar 37. Rangkaian Pengujian Sensor DC .....	52
Gambar 38. Pengujian Sensor Arus .....	54
Gambar 39. Pengujian Sensor Arus AC.....	55
Gambar 40. Pengujian Sensor Arus DC.....	56
Gambar 41. Pemasangan Sensor BH1750 pada Panel Surya.....	57
Gambar 42. Pengujian Keseluruhan.....	61
Gambar 43. Tampilan Serial Monitor Pengiriman.....	62
Gambar 44. Tampilan Data Pada Website .....	63
Gambar 45. Tampilan Grafik pada Website .....	64

## DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 1. Spesifikasi Arduino UNO R3 .....	9
Tabel 2. Data pin pada module SIM 900A .....	10
Tabel 3. Daftar Bahan .....	31
Tabel 4. Daftar Alat.....	32
Tabel 5. Spesifikasi Panel Surya 50 Wp .....	33
Tabel 6. Spesifikasi SCC 12 CMP12-10A.....	33
Tabel 7. Tabel Pin Rangkaian Output .....	34
Tabel 8. Struktur Tabel PLTS .....	40
Tabel 9. Rencana Pengujian Sensor Tegangan AC.....	45
Tabel 10. Rencana Pengujian Sensor Tegangan DC.....	45
Tabel 11. Rencana Pengujian Sensor Arus AC.....	45
Tabel 12. Rencana Pengujian Sensor Arus DC.....	46
Tabel 13. Rencana Pengujian Intensitas Cahaya.....	46
Tabel 14. Rencana Pengujian pada PLTS .....	46
Tabel 15. Hasil Pengujian Sensor Tegangan AC .....	51
Tabel 16. Hasil Pengujian Sensor Tegangan DC .....	53
Tabel 17. Hasil Pengujian Sensor Arus AC .....	54
Tabel 18. Hasil Pengujian Sensor Arus DC .....	56
Tabel 19. Hasil Pengujian BH1750.....	57
Tabel 20. Data Pengiriman dan Penerima .....	65

## **DAFTAR LAMPIRAN**

	Hal
Lampiran 1. Rangkaian Keseluruhan Alat .....	71
Lampiran 2. Desain Akrilik .....	72
Lampiran 3. Program Arduino .....	73
Lampiran 4. Program Website .....	76

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang Masalah**

Indonesia merupakan negara yang terletak di garis khatulistiwa dengan beragam potensi alam. Pancaran sinar matahari, aliran air, dan sumber daya alam lainnya memiliki potensi yang bisa dijadikan sumber energi listrik alternatif. Sumber energi listrik alternatif merupakan pendukung keberlangsungan energi listrik ke depan. Semakin lama ketersedian batubara akan semakin menipis, sehingga harus diimbangi dengan sumber energi listrik alternatif. Beberapa contoh sumber energi listrik alternatif yang sudah didirikan di beberapa daerah adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB), dan masih ada beberapa jenis pembangkit yang lain. PLTS merupakan salah satu jenis pembangkit yang memanfaatkan kondisi alam. Oleh karena itu, energi yang dihasilkan PLTS juga sangat tergantung dengan kondisi alam yaitu kondisi sinar matahari. Cara mengetahui kinerja PLTS yaitu dengan memonitor arus, tegangan, dan intensitas cahaya pada pembangkit, supaya terlihat kinerja dari pembangkit itu sendiri.

Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH) Pandansimo merupakan salah satu contoh sumber energi listrik alternatif gabungan dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB). PLTH Pandansimo rutin memonitor kondisi pembangkit setiap satu jam sekali perharinya. Namun, pada PLTS monitoring yang dilakukan secara

rutin ini masih menggunakan cara manual yaitu dengan melakukan pengukuran menggunakan alat ukur dan pencatatan secara langsung sehingga data yang didapat juga terbatas. Maka akan lebih efisien dan efektif saat monitoring dilakukan secara rutin dan otomatis.

Dewasa ini teknologi informasi dan komunikasi sudah semakin berkembang. Teknologi informasi dan komunikasi terkini adalah *Internet of Things* (IoT). *Internet of Things* merupakan teknologi yang memanfaat koneksi internet yang tersambung secara terus-menerus adapun kemampuan seperti berbagi data dan kontrol sistem. Dari sini muncul ide pengembangan sistem monitoring menggunakan konsep IoT sehingga monitoring pada PLTS dapat dipantau hanya dengan melihat halaman website, maka arus, tegangan, dan intensitas cahaya dapat dengan mudah dipantau. Selain itu, tampilan yang dihasilkan mudah di analisis karena tampilan dapat berupa grafik.

Akhirnya dari penjelasan latarbelakang di atas kemudian muncul ide dan inovasi untuk mengembangkan sebuah sistem monitoring parameter pembangkit listrik tenaga surya berbasis *internet of things*.

## **B. Identifikasi Masalah**

Dari latar belakang tersebut maka dapat diidentifikasi masalah-masalah yang muncul, antara lain :

1. Banyaknya parameter dalam sebuah PLTS yang harus di monitoring secara rutin misalnya tegangan pengisian baterai, arus yang dihasilkan panel surya, tegangan beban, arus beban, dan intensitas cahaya..

2. Proses monitoring saat ini masih manual yakni menggunakan alat ukur tang ampere, luxmeter, dan multimeter, serta pencatatan langsung di atas kertas.
3. Perlunya alat monitoring arus, tegangan, dan intensitas cahaya pada PLTS yang dilakukan secara rutin dan otomatis.

### **C. Batasan Masalah**

Berdasarkan identifikasi masalah yang muncul, maka perlu adanya pembatasan masalah sehingga ruang lingkup permasalah dapat lebih jelas. Pada proyek akhir ini penulis akan membuat sebuah prototipe monitoring menggunakan konsep *internet of things*, di mana unit sensor yang dipasang di lapangan berbasis Arduino. Sistem monitoring ini memonitor pada bagian tegangan pada beban, tegangan pengisian baterai, arus yang dihasilkan panel surya, arus pada beban, dan intensitas cahaya (lux) yang dikirimkan serta disimpan dalam sebuah website.

### **D. Rumusan Masalah**

Dari latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas, maka rumusan masalahnya adalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana rancang bangun perangkat keras dan perangkat lunak prototipe sistem monitoring parameter pembangkit listrik tenaga surya berbasis *internet of things* ?
- 2) Bagaimana unjuk kerja dari prototipe sistem monitoring parameter pembangkit listrik tenaga surya berbasis *internet of things* ?

## **E. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merealisasikan rancang bangun perangkat keras dan perangkat lunak prototipe sistem monitoring parameter pembangkit listrik tenaga surya berbasis *internet of things*?
2. Mengetahui unjuk kerja dari prototipe sistem monitoring parameter pembangkit listrik tenaga surya berbasis *internet of things* ?

## **F. Manfaat Penelitian**

1. Bagi Mahasiswa
  - a. Mahasiswa dapat merealisasikan ide sehingga mendorong untuk terus berkarya.
  - b. Mahasiswa mendapatkan pengalaman dalam pembuatan prototipe sistem monitoring parameter pembangkit listrik tenaga listrik berbasis *internet of things*.
  - c. Mahasiswa dapat mengaplikasi dan pengembangkan ilmu yang sudah didapat dalam perkuliahan.
2. Bagi Institusi
  - a. Terciptanya alat inovatif yang dapat bermanfaat sebagai sarana ilmu pengetahuan.
  - b. Memberikan manfaat sebagai contoh aplikasi dari yang mengedepankan teknologi *interface*.

## **G. Keaslian Gagasan**

Proyek akhir yang berjudul “prototipe sistem monitoring parameter pembangkit listrik tenaga surya berbasis *internet of things*” dibuat dan disusun oleh penulis yang berlatarbelakang pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Pantai Baru, Bantul di mana masih menggunakan alat monitoring manual menggunakan alat ukur. Untuk itu penulis membuat alat monitoring otomatis, rutin, dan mudah diakses.

## **BAB II**

### **PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH**

#### **A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya**

Pembangkit Listrik Tenaga Surya atau PLTS merupakan sumber energi listrik alternatif yang memanfaatkan sinar matahari. Sinar matahari memiliki peranan penting pada proses yang terjadi di alam. Manfaat sinar matahari dapat dirasakan langsung oleh masyarakat, contoh untuk menjemur pakaian atau menjemur hasil bumi. Potensi energi yang dihasilkan oleh matahari sangatlah banyak. PLTS merupakan bentuk pemanfaatan sinar matahari. Pembuatan pembangkit listrik tenaga surya ini menggunakan sistem *photovoltaic* atau biasa disingkat PV.

Kata ‘*photovoltaic*’ terdiri dari dua kata yaitu *photo* dan *volta*. *Photo* yang berarti cahaya (dari bahasa Yunani yaitu *phos, photos*:cahaya) dan *Volta* (berasal dari nama seorang fisikawan Italia yang hidup antara tahun 1745-1827 yang bernama Alessandro Volta) yang berarti unit tegangan listrik. Dengan kata lain, arti *photovoltaic* yaitu konversi cahaya matahari secara langsung untuk diubah menjadi listrik. Oleh karena itu, kata *photovoltaic* biasa disingkat PV (Muchammad, 2011).

Pada pembangkit listrik tenaga surya perangkat yang digunakan tidak hanya modul panel surya saja namun ada perangkat pendukung lainnya. Secara umum perangkat pelengkap PLTS yaitu *solar charger control* (SCC), baterai, dan inverter. Setiap perangkat memiliki fungsi masing-masing. SCC memiliki fungsi sebagai pengontrol sistem panel surya apabila ada *overload*

atau *overcharging*. Baterai merupakan perangkat penyimpan energi listrik. Inverter berfungsi sebagai perubah listrik DC ke AC, apabila kita memiliki beban AC maka perlu adanya inverter karena listrik yang dihasilkan dari panel surya adalah DC.

## **B. Komponen-Komponen**

### 1. Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan *single chip* komputer yang memiliki kemampuan untuk diprogram dan digunakan untuk tugas-tugas yang berorientasi kontrol (Imam Muda, 2013).

Mikrokontroler merupakan sistem komputer yang dibangun pada sebuah *chip* tunggal. Jadi hanya dengan sebuah keping IC saja dapat dibuat sebuah sistem komputer untuk mengendalikan suatu peralatan elektronika aplikatif (Taufiq Dwi, 2010).

*Chip* mikrokontroler ini bermacam jenisnya, salah satu dari jenis *chip* mikrokontroler merupakan ATmega. Jenis ATmega juga memiliki seri yang banyak seperti ATmega 16, ATmega 32, ATmega 328. Dalam pembuatan proyek akhir ini menggunakan papan Arduino UNO, di mana sudah terpasang ATmega 328.

Mikrokontroler ATmega328 yang dapat terhubung dengan mudah menggunakan kabel power USB atau kabel power supply adapter AC ke DC atau juga baterai.



Gambar 1. Arduino UNO R3  
Sumber : [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)

Arduino memiliki beberapa jenis seperti MEGA, UNO, NANO, dan lainnya. Sedangkan yang kini digunakan adalah Arduino UNO, tipe ini juga memiliki beberapa versi salah satunya adalah R3 yang saat ini merupakan versi terakhir yang telah disempurnakan dari versi-versi Arduino sebelumnya, bentuk fisik Arduino dapat dilihat pada Gambar 1. Dari versi R3 (*Revision 3*) ini memiliki beberapa keunggulan yaitu 1.0 pin *out* ditambahkan pin SDA dan SCL didekat pin AREF dan dua pin lainnya diletakkan dekat tombol *RESET*, fungsi IOREF melindungi kelebihan tegangan pada papan rangkaian. Keunggulan perlindungan ini akan kompatibel juga dengan dua jenis *board* yang menggunakan jenis AVR yang beroperasi pada tegangan kerja 5 V dan Arduino Due tegangan operasi 3.3 V, memiliki rangkaian *reset* yang lebih baik, dan penerapan Atmega 16U2 pengganti 8U2. Perangkat keras *board* mikrokontroler Atmega328 yang memiliki 14 digital *input* atau *output* pin (6 pin dapat digunakan sebagai *output PWM*), 6 *input* analog, 16 MHz *osilator* kristal,

koneksi USB dan tombol *reset* untuk spesifikasi umumnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Arduino UNO R3

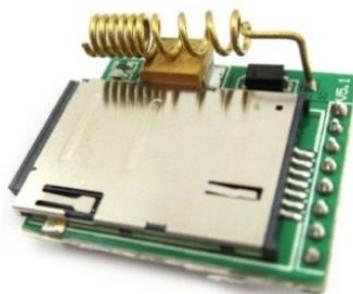
Mikrokontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM <i>output</i> )
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O pin	40 mA
DC Current for 3.3V pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

Bahasa yang digunakan dalam pemrograman Arduino merupakan bahasa C. Bahasa C merupakan bahasa tingkat tinggi, di mana bahasa ini dapat dengan mudah dipahami oleh manusia di bandingkan dengan bahasa pemrograman lainnya. Semakin rendah bahasa pemrograman maka semakin sulit dipahami oleh manusia secara umum, dan sebaliknya apabila tingkatan bahasa pemrograman semakin tinggi akan semakin mudah dipahami.

## 2. GSM/GPRS Modul

GSM/GPRS modul merupakan perangkat yang dapat kita gunakan bersama *microcontroller* Arduino. Salah satu modul GSM/GPRS ini

adalah SIM 900A yang diproduksi oleh SIMCom. SIM 900A memiliki beberapa fitur antara lain layanan pesan singkat atau SMS, *telephone*, dan mengirimkan melalui data GPRS, selain itu pula terdapat pin untuk *microphone* dan *headphone*, bentuk fisiknya dapat dilihat pada Gambar 2. Dalam proyek akhir ini kami hanya memanfaatkan fitur data GPRS. Untuk mengakses SIM 900A menggunakan perintah AT Command (*Attention Command*) diprogram melalui *software serial* Arduino IDE. Untuk keterangan data pin pada SIM 900A dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 2. GPRS Modul SIM 900A  
Sumber : [www.dx.com](http://www.dx.com)

Tabel 2. Data pin pada module SIM 900A

Pin	Nama	Keterangan
1	+5V	<i>Power 5 volt</i>
2	DTR	<i>Debug UART</i>
3	TX	<i>UART data output</i>
4	RX	<i>UART data input</i>
5	<i>Headphone</i>	<i>Data output suara</i>
6	<i>Microphone</i>	<i>Data input suara</i>
7	<i>Reset</i>	<i>Reset module</i>
8	Gnd	<i>Power 0 volt</i>

### 3. Sensor Arus

Sensor arus yang digunakan dalam proyek akhir ini adalah sensor arus ACS712 (*Allegro Current Sensor*) bentuk fisik dari sensor ini dapat dilihat pada Gambar 3. ACS 712 berfungsi untuk mendeteksi besaran arus

yang mengalir lewat blok terminal. Perangkat terdiri dari rangkaian sensor efek-hall yang linier, *low-offset*, dan presisi. Saat arus mengalir di jalur tembaga pada pin 1-4 maka rangkaian sensor efek-hall akan mendeteksinya dan mengubahnya menjadi tegangan yang proposional. Adapun beberapa karakteristik sensor ACS 712 yaitu rendah *noise*, *supplay* daya sebesar 5 V, sensitivitas keluaran 66-185mV/A, sinyal arus ini dapat dibaca memalui analog IO port Arduino. Untuk membaca nilai tengah (nol Amper) tegangan sensor diset pada 2,5 V yaitu setengah kali tegangan sumber daya VCC = 5 V.



Gambar 3. Sensor Arus ACS712  
Sumber : [www.dx.com](http://www.dx.com)

#### 4. Sensor Tegangan

Sensor tegangan berfungsi sebagai sensor pendekksi besaran tegangan pada sistem PLTS. Dalam perancangan proyek akhir ini menggunakan *module* sensor tegangan DC yang dapat langsung terkoneksi dengan *board* Arduino. Modul ini pada prinsipnya menggunakan pembagi tegangan resistif, untuk menjalankannya menggunakan tegangan *input* sebesar 5V atau 3.3 V. Pada pemakaiannya untuk pembacaan tegangan maksimal yaitu pada 25 V di mana 5 kali dari VCC, sehingga apabila tegangan VCC yang digunakan adalah 3.3V maka maksimal tegangan

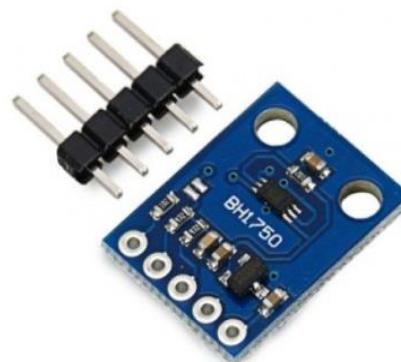
yang dideteksi adalah 16,5 V, untuk bentuk fisik dari module tegangan DC dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Sensor Tegangan DC  
Sumber : [www.tokopedia.com](http://www.tokopedia.com)

#### 5. Sensor Cahaya GY 302

Sensor Cahaya GY 302 merupakan jenis sensor cahaya yang berbasis IC BH1750. Modul ini memberikan nilai *output* digital melalui IC bus, sehingga tidak perlu lagi menambahkan konverter ADC. Modul ini menggunakan catu daya 5 V. Resolusi cahaya lux yang diukur maksimal yaitu 65.535 lux.



Gambar 5. Sensor Intensitas Cahaya BH1750  
Sumber : [www.buaya-instrument.com](http://www.buaya-instrument.com)

#### 6. *Transformator* (Trafo)

*Transformator* merupakan alat yang dapat memindahkan tenaga listrik antara dua rangkaian listrik melalui induksi elektromagnetik. Prinsip kerja dari *Transformator* atau trafo yaitu ketika tegangan masukan AC

pada bagian primer trafo menimbulkan fluks magnet yang menyambungkan ke lilitan sekunder. Fluks magnet ini menginduksi GGL dalam lilitan sekunder. Trafopun memiliki beberapa jenis seperti *Step-Up* untuk penaik tegangan, *Step-Down* untuk penurun tegangan, Trafo Isolasi, Auto transformator, dan lainnya. Dalam pembuatan proyek akhir ini menggunakan Trafo *Step-Down*, yang digunakan untuk sensor tegangan AC dengan gabungan rangkaian lainnya.



Gambar 6. Trafo Step-Down 1 A  
Sumber : teknikelektronika.com

## 7. Website

Secara terminologi website adalah kumpulan dari halaman-halaman situs, yang biasanya terangkum dalam sebuah domain atau subdomain, yang tempatnya berada di dalam *World Wide Web* (WWW) di Internet. WWW terdiri dari seluruh situs web yang tersedia kepada publik. Halaman-halaman sebuah situs web (*web page*) diakses dari sebuah URL yang menjadi “akar” (*root*), yang disebut homepage (halaman induk; sering diterjemahkan menjadi beranda, URL ini mengatur *web page* untuk menjadi sebuah hirarki, meskipun *hyperlink-hyperlink* yang ada di

halaman tersebut mengatur para pembaca dan memberitahu mereka susunan keseluruhan dan bagaimana arus informasi ini berjalan.



Gambar 7. Halaman Depan 000webhost.com  
Sumber : 000webhost.com

Sebuah *web page* adalah dokumen yang ditulis dalam format HTML (*Hyper Text Markup Language*), yang hampir selalu bisa diakses melalui HTTP, yaitu protokol yang menyampaikan informasi dari *server* website untuk ditampilkan kepada para pemakai melalui web browser. Semua publikasi dari website-website tersebut dapat membentuk sebuah jaringan informasi yang sangat besar. *Web page* layaknya sebuah buku yang dapat menampung berbagai informasi tentang banyak hal baik bersifat komersil maupun non komersil. Melalui media web inilah seseorang dapat memberikan informasi tertentu kepada orang lain yang berada di seluruh dunia.

Agar sebuah website dapat diakses melalui internet, maka diperlukan sebuah domain dan hosting. Hosting adalah suatu *space* atau

tempat di internet yang kita gunakan untuk menyimpan data-data situs kita. Entah itu situs perusahaan, situs pribadi, situs blog, dan lain sebagainya. Setiap situs yang ingin kita *onlinekan* sehingga banyak orang bisa mengaksesnya, harus disimpan pada suatu host. Sedangkan domain adalah nama dari sebuah website dan berfungsi sebagai alamat untuk sebuah website.

Pada pembuatan proyek akhir ini penulis menggunakan hosting 000webhost.com. 000webhost.com (\$ 0,00 hosting), adalah industri yang menyediakan layanan web hosting kelas atas dan gratis tanpa iklan, tidak ada biaya tersembunyi, tidak ada iklan, dan tidak ada persyaratan yang merugikan. www.000webhost.com merupakan pemimpin layanan hosting gratis dengan ratusan ribu pelanggan.

Menawarkan fitur yang sangat fantastis bila dibandingkan dengan hosting berbayar. Pelanggan akan mendapatkan 1,5 GB *disk space*, 100 GB *Bandwidth*, 2 MySql Database, PHP, *Custom Panel*, Fantastico dan *uptime* 99%. Layanan ini sangat lebih dari cukup untuk personal blog dan kalau dikonversikan ke layanan hosting berbayar maka harganya bisa mencapai kurang lebih Rp. 500.000/pertahun.

## 8. Panel Surya

Panel Surya adalah teknologi berdasarkan semikonduktor dalam kondisi padat yang mengkonversi energi cahaya matahari secara langsung menjadi energi listrik, tanpa ada bagian yang berputar, tidak menimbulkan kebisingan, dan tanpa mengeluarkan gas buangan. Prinsip dasar pada

proses konversi energi secara langsung biasa dikenal dengan efek *photovoltaic*, maka dari itu nama lain sel surya yaitu sel *photovoltaic*.



Gambar 8. Panel Surya di Pantai Pandansimo

Sel PV dibuat dari bahan silikon ditambah sedikit boron. Cahaya dapat dipandang sebagai aliran partikel kecil energi yang disebut photon. Apabila photon yang berasal dari cahaya dengan panjang gelombang tertentu yang sesuai mengenai permukaan sel PV (yang pada umumnya dibuat dari bahan dasar silikon) photon tersebut memindahkan energinya kepada beberapa elektron di dalam bahan sehingga energi elektron tersebut meningkat. Secara normal elektron tersebut membantu membuat bahan itu menyatu dengan membentuk ikatan valensi dengan menyambung atom-atom dan tidak dapat bergerak. Akan tetapi, di dalam status tereksitas (*excited state*), elektron itu menjadi bebas untuk menjalarkan (melakukan konduksi) arus listrik dengan bergerak di dalam bahan. Oleh karena itu, pada permukaan bawah ada muatan listrik statik positif, sedangkan pada permukaan atas yang menghadap ke matahari, bermuatan listrik statik negatif, apabila sel surya tersebut terkena cahaya matahari. Dengan satu

sisi menjadi negatif (n), dan sisi yang lain menjadi positif (p), dan bila tiap sisi dihubungkan melalui sambungan di luar terbentuklah suatu rangkaian listrik (*electrical circuit*) dan sel tersebut menghasilkan (membangkitkan/generate) listrik. Ciri sel PV demikian ini disebut juga sambungan p-n. Sel-sel surya itu selanjtnya disambungkan seperti halnya batu baterai pada lampu senter yaitu positif ke negatif, dan dibangun untuk menghasilkan potensial atau daya listrik yang diinginkan. Dalam praktek sel-sel surya itu dipasang pada kerangka aluminium dengan penutup dari bahan kaca transparan, menjadi dan diberi nama sebagai panel surya atau modul surya (Harjono Djojodiharjo, 2001).

Dalam perancangan panel surya terdiri dari bagian-bagian yang memiliki fungsi masing-masing hingga dapat menghasilkan energi listrik, berikut penjelasan terkait bagian-bagian yang terdapat pada panel surya :

a. *Substrat (Metal Backing)*

*Substrat* merupakan bagian yang memiliki fungsi sebagai penopang seluruh bagian komponen yang ada pada sel surya. *Substrat* sebaiknya memiliki tingkat konduktifitas listrik yang baik karena juga berfungsi sebagai terminal positif sel surya, bahan yang biasa digunakan material metal atau logam seperti alumunium atau *molybdenum*.

b. Material semikonduktor

Material atau bagian inti pada sel surya ialah semikonduktor, biasanya memiliki tebal beberapa ratus mikrometer untuk sel surya

silikon atau generasi pertama dan 1-3 mikrometer untuk sel surya dengan lapisan tipis. Semikonduktor berfungsi menyerap cahaya dari sinar matahari.

c. Kontak Metal (*Contact Grid*)

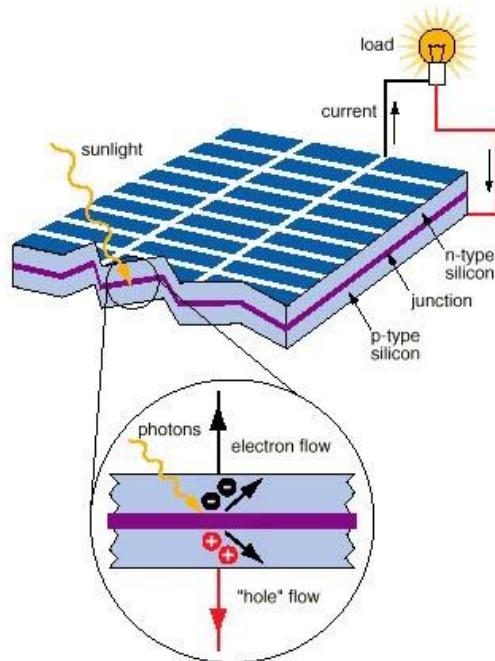
Kontak Metal atau *contact grid* merupakan lapisan yang melapisi material semikonduktor fungsinya sebagai kontak negatif pada sel surya.

d. Lapisan Anti Reflektif

Dalam sistem panel surya refleksi cahaya haruslah diminimalisir untuk mengoptimalkan cahaya matahari yang terserap oleh semikonduktor, maka dari itu sel surya dilapisi oleh lapisan anti reflektif. Lapisan anti reflektif ini merupakan lapisan tipis dengan besar indeks refraktif optik antara semikonduktor dan udara yang dapat membelokkan cahaya ke arah semikonduktor sehingga meminimalkan cahaya yang dipantulkan kembali..

e. Enkapsulasi (*Cover Glass*)

*Cover Glass* merupakan bagian dari material yang tidak bisa dipisahkan oleh bagian sel surya karena memiliki fungsi melindungi sel surya dari hujan dan kotoran, sehingga sel surya dapat tahan dengan kondisi cuaca yang beruba-ubah.



Gambar 9. Sistem Kerja Sel Surya  
 Sumber : [www.rifkymedia.wordpress.com](http://www.rifkymedia.wordpress.com)

Kemajuan teknologi panel surya semakin berkembang pesat seiring berjalannya waktu. Secara umum saat ini terdapat 4 jenis panel surya sebagai berikut :

a. *Monocrystalline*



Gambar 10. Panel Surya Monocrystalline  
 Sumber : [www.aliexpress.com](http://www.aliexpress.com)

Panel surya yang terbuat dari sel surya jenis *monocrystalline* merupakan panel yang memiliki efisiensi paling tinggi diantara panel

surya jenis-jenis yang lain. Panel jenis ini menghasilkan daya listrik persatuan luas yang akurat, pada umumnya dengan proses pertumbuhan kristal yang disebut sebagai *Czochraaksi Process*, kristal dengan kualitas tinggi. Selain itu jenis ini merupakan jenis yang tahan terhadap kondisi alam yang ekstrim misalnya di Laut Utara, namun apabila pencahayaan kurang atau kondisi langit berawan efisiensi menurun drastis. Efisiensi yang dihasilkan panel surya jenis *monocrystalline* dapat mencapai 15%.

b. *Polycrystalline*

Jenis *polycrystalline* merupakan panel surya yang memiliki luas permukaan yang lebih lebar dibandingkan dengan *monocrystalline*. *Polycrystalline* ini difabrikasi dengan proses pengecoran sehingga susunan kristalnya acak. Penampilan *polycrystalline* ini hampir mirip dengan *monocrystalline*, namun efisiensi dan harganya lebih rendah. Efisiensi yang dihasilkan adalah sekitar 13%-16%, bentuknya persegi, dan jenis ini paling sering dipakai karena harganya yang lebih terjangkau.



Gambar 11. Panel Surya Polycrystalline  
Sumber : [www.excelplus.en.alibaba.com](http://www.excelplus.en.alibaba.com)

c. Semikristal

Jenis sel surya ini difabrikasi dengan proses pengecoran (*casting*). Sel surya semikristal memiliki dengan permukaan batas kristal yang sejajar dengan arah aliran listrik yang ditimbulkan oleh pasangan muatan positif dan negatif. Panel surya yang dari sel surya semikristal menghasilkan efisiensi konversi energi sekitar 11%. Dengan demikian lebih rendah dibandingkan dengan panel surya *poly* dan *monocrystalline*.

d. Amorf

Panel surya jenis amorf juga biasa disebut juga dengan panel surya thin film. Panel surya ini dapat difabrikasi secara otomatis dan dapat dipasang pada permukaan yang flexibel misalnya pada permukaan tidak datar seperti plastik. Bahan bakar amorf ini tidak tergolong mahal tetapi permukaan yang diperlukan per watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada panel surya jenis *monocrystalline* atau *polycrystalline*. Walau panel surya ini memiliki keunggulan bisa dipasang flexibel, namun dalam efisiensinya masih tergolong rendah yaitu 5%.



Gambar 12. Panel Surya Amorf  
Sumber : [www.alat2listrik.co.id](http://www.alat2listrik.co.id)

Itulah penjelasan dari beberapa jenis panel surya yang sering kita jumpai dengan kelebihan dan kekurangannya masing-masing dan tingkat efisiensi yang berbeda. Selain mempertimbangkan jenis panel surya apa yang akan digunakan, kita juga wajib memperhatikan kapasitas panel surya yang digunakan sesuai dengan kebutuhan. Satuan yang digunakan dalam mengetahui besaran energi yang dihasilkan oleh panel surya adalah WP atau wattpeak. Dalam proyek akhir ini dalam pembuatan prototipe sistem PLTS ini menggunakan PV dengan kapasitas 50 WP dan jenis PV *polychrystalline*.

#### 9. Solar Charger Control



Gambar 13. Gambar Fisik SCC  
Sumber : [www.amazon.com](http://www.amazon.com)

Solar charger control atau SCC merupakan salah satu perangkat penting dalam rangkaian sistem pembangkit listrik tenaga surya. Fungsi dari solar charger controller ini yaitu mengontrol kondisi baterai agar terhindar dari over charging dan over voltage, selain itu mengatur arus dari baterai agar tidak full discharging dan overload.

Solar Charger Controller biasanya terdiri dari satu *input* (2 terminal) yang terhubung dengan *output* panel surya, satu *output* (2

terminal) yang terhubung dengan akumulator, dan satu *output* (2 terminal) yang terhubung dengan beban. Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke panel surya karena ada diode protection yang hanya dapat dilewati oleh listrik searah dari panel surya ke akumulator. SCC memiliki 2 jenis yaitu *maximum power point tracking* (MPPT) dan *pulse width modulation* (PWM) yang memiliki keunggulan masing-masing.

*Solar Charger Controller* jenis *maximum power point tracking* (MPPT) jika dilihat dari kualitas pengisian daya baterai MPPT ini memiliki keunggulan lebih baik dibandingkan PWM. SCC MPPT mampu mendeteksi daya yang dihasilkan oleh PV walaupun kecil. Sedangkan tegangan kerja PWM hanya mampu menyesuaikan dengan tegangan kerja baterai. Ketika tegangan yang dihasilkan solar panel di bawah tegangan kerja, secara otomatis sistem tidak melakukan pengisian baterai. Jenis SCC PWM menurut kapasitas PV di bawah 200Wp, lain dengan jenis MPPT justru lebih baik digunakan untuk kapasitas PV di atas 200Wp. Hal ini dikarenakan, jenis SCC MPPT ini bergantung pada total produksi daya.

## 10. Akumulator

Akumulator atau Aki biasa disebut juga baterai merupakan komponen yang memiliki fungsi untuk menyimpan energi listrik. Akumulator ini diberikan tenaga listrik berasal dari dinamo arus searah. Di dalam akumulator tenaga (energi listrik) ini mengerjakan proses-proses kimia, sehingga dapat dikatakan bahwa tenaga listrik dari luar diubah

menjadi tenaga kimia di dalam akumulator dan kemudian tersimpan di dalamnya (F. Suryatmo, 2008).

Baterai pada sistem photovoltaic (PV) mempunyai peranan sangat penting dan tidak dapat digantikan oleh sistem yang lain. Teknologi terkini, telah diciptakan baterai untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya agar dapat disalurkan lagi ke beban listrik pemakain. Secara relatif baterai adalah piranti yang mahal dalam sistem *photovoltaic*. Umur baterai tergantung pada jenisnya, bagaimana baterai tersebut diperlakukan, dan temperatur baterai. Selanjutnya baterai sangat peka terhadap pengisian berlebih (*overcharging*) dan pengosongan berlebih (*too deep discharging*). (Sukandarrumidi, Herry Zadrak Kotta, Djoko Wintolo; 2013)

Pada umumnya pembangkit listrik tenaga surya aktif beroperasi pada siang hari, sehingga pada saat malam hari sel surya tidak dapat menghasilkan listrik. Dengan adanya akumulator inilah energi yang dihasilkan oleh sel surya dapat disimpan. Akumulator yang digunakan untuk sistem pembangkit listrik tenaga surya mempunyai fungsi ganda. Pada suatu sisi akumulator memiliki fungsi sebagai penyimpan energi, sedangkan disisi lain baterai berfungsi sebagai catu daya beban. Dalam penggunaanpun baterai atau akumulator dapat diklasifikasikan menjadi 2 jenis yaitu primer dan sekunder.

a. Primer

Akumulator atau baterai primer hanya digunakan dalam satu kali pemakaian saja. Pada waktu baterai dipakai, material dari salah satu elektroda menjadi larut dalam elektrolit dan tidak dapat dikembalikan dalam keadaan semula. Oleh karena itu jenis baterai primer dipergunakan hanya sekali, tanpa dapat diisi kembali. Jenis baterai primer ini biasa kita gunakan untuk lampu senter atau radio.

b. Sekunder

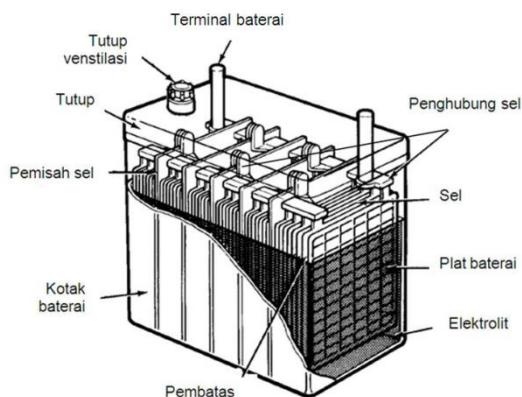
Akumulator atau baterai sekunder ini lain dengan baterai primer, di mana baterai dapat dipakai dan diisi berulangkali. Baterai jenis seperti ini biasa kita jumpai misalnya pada aki motor, dan tentunya pada proyek akhir ini juga menggunakan baterai jenis sekunder. Satuan dalam baterai yang perlu diperhatikan AH yang merupakan singkatan dari *Ampere Hour* yaitu jumlah arus yang bisa dikeluarkan dalam satuan jam.



Gambar 14. Bentuk Fisik Akumulator Sekunder  
Sumber : [www.milankomputer.com](http://www.milankomputer.com)

Akumulator secara umum tersusun oleh beberapa bagian yang memiliki fungsi masing-masing, berikut bagian-bagian dari akumulator dan penjelasannya :

- a. Kotak (*container*) memiliki fungsi sebagai pelindung, kotak merupakan bagian terluar dari akumulator.
- b. Sel-unit dasar yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik.
- c. Pelat elektroda, tempat terjadinya reaksi dan penyimpanan muatan listrik,
- d. Kutub (pol) media penyalur muatan listrik dari baterai ke bagian luar.
- e. Elektrolit terdiri atas campuran kimia asam dengan air yang membuat muatan listrik bergerak.
- f. *Grid* (kisi-kisi) merupakan tempat menempelnya komponen aktif dan berfungsi sebagai penyalur muatan.
- g. Separator adalah pemisah elektroda positif dan elektroda negatif.
- h. Konstruksi pelat (jumlah, ketebalab, dan tipe), akan mempengaruhi kinerja baterai.



Gambar 15. Bagian-Bagian dari Akumulator  
Sumber : [www.kitapunya.net](http://www.kitapunya.net)

## 11. Inverter

Inverter adalah perangkat elektronika yang dipergunakan untuk mengubah tegangan DC (*Direct Current*) menjadi tegangan AC (*Alternating Current*). *Output* suatu inverter dapat berupa tegangan AC dengan bentuk gelombang sinus (*sine wave*), gelombang kotak (*square wave*) dan sinus modifikasi (*sine wave modified*). Sumber tegangan input inverter dapat menggunakan battery, tenaga surya, atau sumber tegangan DC yang lain. Inverter dalam proses konversi tegangan DC menjadi tegangan AC membutuhkan suatu penaik tegangan berupa *step up transformer*.



Gambar 16. Inverter  
Sumber : bukalapak.com

Inverter juga dapat dibedakan dengan cara pengaturan tegangannya, yaitu :

- a. *Voltage Fed Inverter* (VFI) yaitu inverter dengan tegangan *input* yang diatur konstan.
- b. *Current Fed Inverter* (CFI) yaitu inverter dengan arus *input* yang diatur konstan.

c. *Variable dc linked* inverter yaitu inverter dengan tegangan *input* yang dapat diatur.

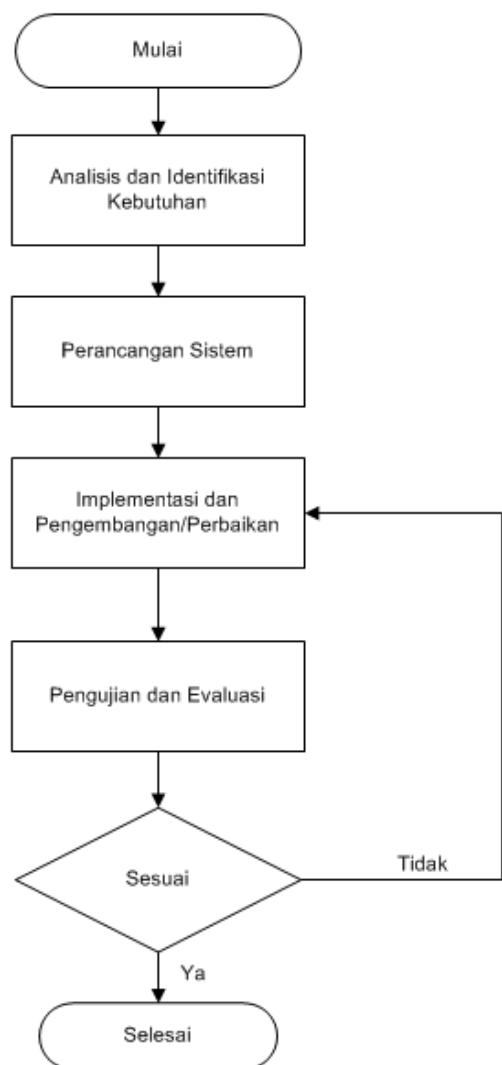
Berdasarkan bentuk gelombang *output*-nya inverter dapat dibedakan menjadi :

- a. *Sine wave inverter*, yaitu inverter yang memiliki tegangan *output* dengan bentuk gelombang sinus murni. Inverter jenis ini dapat memberikan *supply* tegangan ke beban (Induktor) atau motor listrik dengan efisiensi daya yang baik.
- b. *Sine wave modified inverter*, yaitu inverter dengan tegangan *output* berbentuk gelombang kotak yang dimodifikasi sehingga menyerupai gelombang sinus. Inverter jenis ini memiliki efisiensi daya yang rendah apabila digunakan untuk mensupply beban induktor atau motor listrik.
- c. *Square wave inverter*, yaitu inverter dengan *output* berbentuk gelombang kotak, inverter jenis ini tidak dapat digunakan untuk mensupply tegangan ke beban induktif atau motor listrik.

## BAB III

### KONSEP PERANCANGAN

Proses perancangan prototipe alat monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya melalui pendekatan penelitian *Research and Development* yang pada prinsipnya ada empat tahapan utama, yakni: (1) tahap analisis dan identifikasi kebutuhan; (2) tahap perancangan sistem; (3) tahap implementasi dan pengembangan; (4) tahap pengujian dan evaluasi. Alur *flowchart* bisa dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Alur Perancangan

## A. Tahap Analisis dan Identifikasi Kebutuhan

Identifikasi kebutuhan adalah tahap pertama dari proses pembuatan alat setelah munculnya ide/gagasan. Untuk merealisasikan pembuatan prototipe sistem monitoring parameter pembangkit listrik tenaga surya ini, maka perlu diperhatikan kebutuhan sebagai berikut :

### 1. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Sistem Pembangkit Tenaga Surya atau PLTS merupakan pembangkit yang memanfaatkan sinar matahari sehingga dapat menghasilkan listrik melalui *photovoltaic*.

### 2. Sistem Monitoring

Pengambilan data Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada parameter arus, tegangan, dan lux dengan tujuan untuk memantau kondisi pembangkit.

### 3. Website

Sistem yang digunakan dalam pengambilan data monitoring PLTS ini yaitu dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* menggunakan jaringan internet untuk mengirimkan data ke website data akan tersimpan secara otomatis.

### 4. Sistem *Charging*

Sistem charging ini digunakan sebagai pengontrol tegangan masukkan pada baterai dan mengontrol beban supaya tidak terjadi *overcharging* maupun *overload*.

## 5. Sensor-Sensor

Dalam proyek akhir ini menggunakan 4 macam sensor yaitu modul sensor tegangan DC, module sensor arus (ACS712), sensor tegangan AC dengan Trafo *Step-Down*, dan GY302 BH1750 untuk mendeteksi lux.

Setelah tahap identifikasi maka selanjutnya adalah analisis kebutuhan berupa rincian alat dan bahan yang digunakan dalam perancangan proyek akhir yang akan dibuat ini, berikut dapat di lihat pada Tabel 3 untuk daftar bahan dan Tabel 4 daftar alat.

Tabel 3. Daftar Bahan

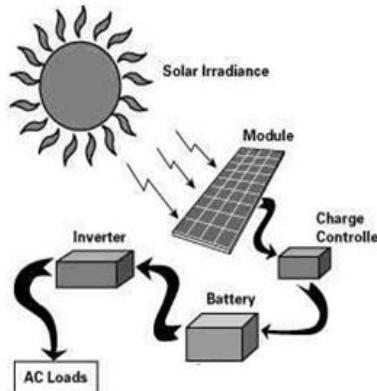
No	Nama	Spesifikasi	Jumlah
1	Arduino UNO	R3	1 unit
2	GSM/GPRS Shield	SIM 900A V5.1	1 buah
3	Sensor Arus	ACS712	2 buah
4	Sensor Tegangan	Maks 25 V	2 buah
5	Kabel Jumper	-	40 buah
6	Kabel NYAF	1.5 mm <sup>2</sup>	10 meter
7	Banana Plug Male	-	20 buah
8	Banana Plug Female	-	10 buah
9	Baterai	35 Ah	1 buah
10	Lampu	200 Watt	1 buah
11	Fitting	Broco	1 buah
12	Akrilik	50x50 cm; tebal : 2mm	1 buah
13	Photovoltaic	50 WP	1 buah
14	Solar Charger Control	-	1 buah
15	LCD	16x2	1 buah
16	PCB lubang	10 x 5 cm	2 buah
17	Heat Shrinkable Tubing	3 mm	1 meter
18	Trafo	1 A	1 buah
19	Resistor	10 K	2 buah
20	Kapasitor	10 uF/16V	1 buah
21	Dioda	1 A	1 buah

Tabel 4. Daftar Alat

No	Nama Alat	Spesifikasi	Jumlah
1	Bor Listrik	Bor Tangan	1 buah
2	Mata bor	1 mm	1 buah
3	Obeng +/-	3 mm	1 buah
4	Multimeter	Digital	1 buah
5	Ampermeter		
6	Cutter	-	1 buah
7	Penggaris	-	1 buah
8	Tang kombinasi	-	1 buah
9	Solder	40 watt	1 buah
10	Tennol	-	1 gulung
11	Mur Baut	20	20 buah
12	Lem G	-	1 buah
13	Lem Tembak	-	1 buah

## B. Tahap Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

### 1. Perencangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya



Gambar 18. Sistem Panel Surya  
Sumber : [www.envirorealestate.org.au](http://www.envirorealestate.org.au)

Sel surya atau *photovoltaic* ini merupakan komponen utama dalam PLTS. Pada sistem monitoring PLTS ini menggunakan panel surya 50 Watt peak jenis *polychristally*. Sel surya 50 watt peak artinya sel surya ini mempunyai 50 watt peak pada saat matahari terik, peak 1 hari diasumsikan

5 jam. Dapat dihitung dalam satu hari  $50 \text{ wp} \times 5 \text{ jam} = 250 \text{ watt hour}$  perharinya, untuk spesifikasi lebih lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Spesifikasi Panel Surya 50 Wp

<i>Model</i>	SYSM50S-01-8
<i>Maximum Power (Pm)</i>	50 W
<i>Open Circuit Voltage</i>	21,88 V
<i>Short Circuit Current</i>	3,08 A
<i>Maximum Power Current</i>	2,88 A
<i>Operation temperature</i>	-40°C to +85°C
<i>Tolerance</i>	+/- 5%

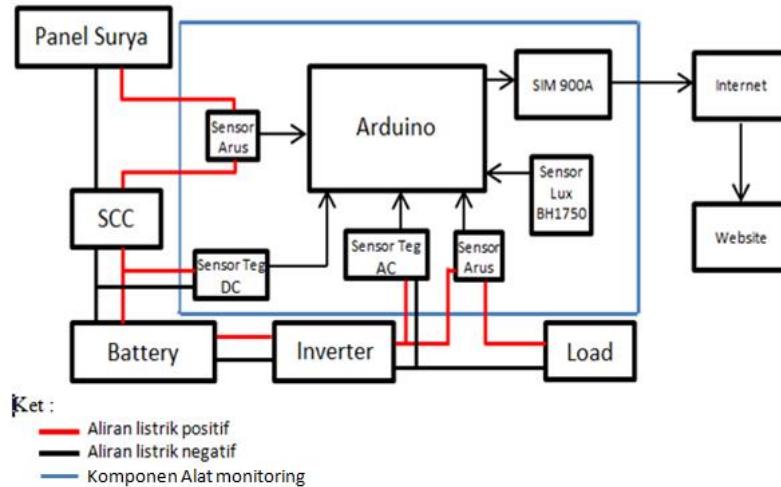
Pada sistem panel surya ini harus didukung oleh perangkat lainnya seperti solar charger controller dan akumulator. Untuk SCC sendiri kami menggunakan SCC dengan jenis PWM type CMP12-10A dengan spesifikasi lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Spesifikasi SCC 12 CMP12-10A

Rated voltage	12V or 24V
Stopping power supply	10,8 or 21,6V
Rated charging current	10A
Resurne power supplay	11.8V or 23,6V
Rated load current	10A
Charging stops voltage	14V or 28V
Operating Temperature	-20~+60 C

Akumulator atau aki yang digunakan dalam proyek akhir ini menggunakan jenis aki basah dengan kapasitas 35 Ah tegangan 12V. Daya yang tersedia pada aki tersebut  $35 \text{ Ah} \times 12 \text{ V} = 420 \text{ Wh}$ .

## 2. Perancangan Sistem Monitoring



Gambar 19. Blok Diagram Perancangan Alat

Alat ini menggunakan 4 jenis sensor yaitu sensor ACS 712, Sensor Tegangan DC, Tegangan AC, dan Lux. Pada rangkaian Arduino ini nantinya akan membaca arus, tegangan, dan lux yang diolah oleh atmega328 dan kemudian hasil pembacaan sensor tersebut akan dikirim ke alamat website secara otomatis.

Tabel 7. Tabel Pin Rangkaian Output

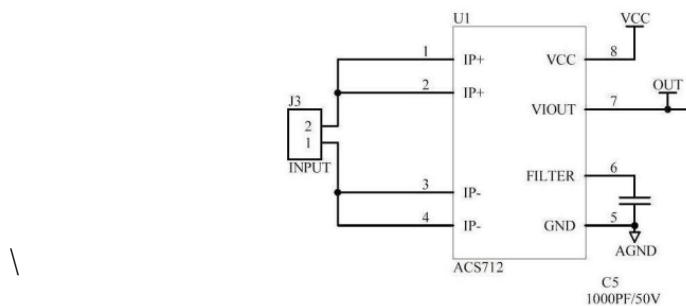
Port Arduino	Keterangan
A0	Sensor Tegangan AC
A1	Sensor Tegangan DC
A2	Sensor Arus AC
A3	Sensor Arus DC
A4	Serial Data BH1750
A5	Serial Clock BH1750
6	Tx
7	Rx

### a. Sensor Arus AC/DC

Sensor Arus yang digunakan adalah menggunakan IC ACS712, sensor ini dapat mengukur arus AC maupun arus DC memanfaatkan

efek Hall. ACS712 ini memiliki kemampuan mendeteksi arus sampai 30A di mana tegangan pada pin keluaran akan berubah secara linier mulai dari 2,5V ( $1/2 \times VCC$ , tegangan catu daya VCC = 5V) untuk kondisi tidak ada arus hingga 4,5V pada arus sebesar +20A atau 0,5V pada arus sebesar -20A (positif/negatif tergantung polaritas, nilai di bawah 0,5V atau 4,5V dapat dianggap lebih dari batas maksimum). Perubahan tingkatan tegangan bekorelasi linier terhadap besaran arus sebesar 100mV/Ampere. Untuk mendapatkan nilai arus maka menggunakan persamaan berikut,

$$A = \frac{\frac{1024}{VCC} \times \text{ADC value} - 2,5}{0,1}$$



Gambar 20. Rangkaian Sensor ACS 712

#### b. Sensor Tegangan DC

Sensor tegangan DC menggunakan prinsip rangkaian pembagi tegangan. Rangkaian pembagi tegangan berfungsi menurunkan tegangan pada PV sampai batas kemampuan Arduino. Rangkaian pembagi tegangan ini termasuk rangkaian yang sederhana yaitu dengan menserikan 2 buah resistor. Sesuai dengan hukum Ohm, maka pada

rangkaian seri, besar arus yang mengalir adalah sama, tegangan tergantung dari nilai hambatan yang dilaluinya. Untuk persamaan yang digunakan dengan rangkaian seperti Gambar 22 adalah sebagai berikut,

$$V_{out} = (R1/(R1+R2)) \times V_{in} \quad (2)$$

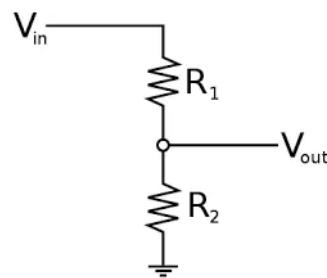
di mana :

$V_{out}$  = Tegangan keluaran

$R1$  = Resistor pertama

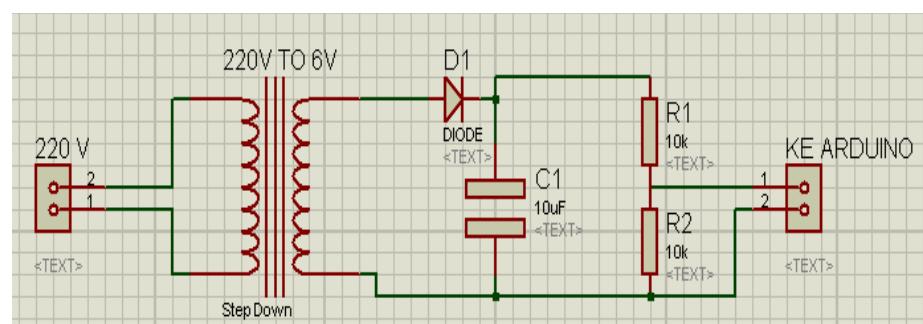
$R2$  = Resistor kedua

$V_{in}$  = Tegangan masukan



Gambar 21. Rangkaian Sensor Tegangan DC

### c. Sensor Tegangan AC



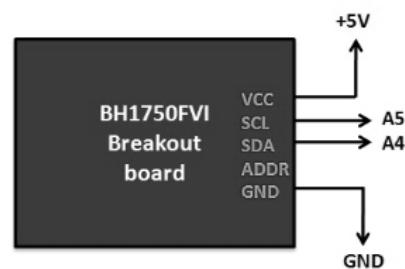
Gambar 22. Rangkaian Sensor Tegangan AC

Pada tegangan AC untuk pendeksiian tegangannya menggunakan trafo *stepdown* 1 A dari 220 VAC yang diturunkan menjadi 6 VAC.

Lalu setelah itu *output* dari trafo di searahkan melalui dioda. Karena tegangan searah dari keluaran dioda masih mengandung *ripple* tegangan maka digunakan kapasitor untuk *filter* tegangan dan setelah itu masuk kerangkaian pembagi tegangan terdiri dari resistor yang dipasang secara paralel. Fungsi resistor ini untuk menurunkan tegangan menjadi tegangan yang dikehendaki sehingga dapat diolah oleh Arduino. Tegangan 6 VDC diturunkan menjadi 4,2 VDC melalui pembagi tegangan, *output* dari rangkaian tersebut dihubungkan ke pin adc.

d. Sensor Intensitas Cahaya

Sensor untuk mengetahui intensitas cahaya atau mengetahui besaran lux pada sistem kerja *photovoltaic* adalah sensor GY302-BH1750. Sensor ini memiliki keluaran sinyal digital, sehingga tidak memerlukan perhitungan yang rumit. Kemampuan sensor BH1750 ini dapat mendeteksi cahaya 1-65535 lx, untuk pemasangan pada *board* Arduino dapat dilihat pada Gambar 23.

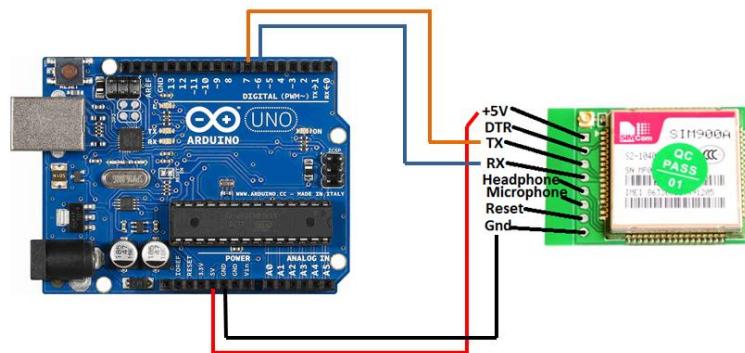


Gambar 23. Pemasangan Sensor BH1750

e. Pemasangan Modul SIM 900A

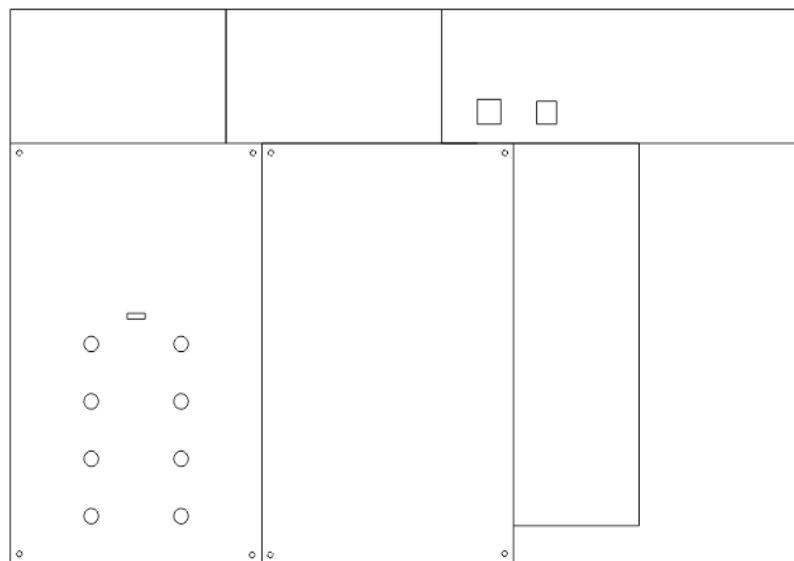
Modul SIM 900A merupakan modul sebagai media transfer data melalui jaringan internet. Pada pemasangannya SIM 900A ini memiliki

7 pin namun karena dalam proyek ini hanya menggunakan media pengiriman lewat internet maka pin yang kita hubungkan dengan *board* Arduino yaitu ground, vcc, tx dan rx, untuk pemasangannya bisa dilihat pada Gambar 24.



Gambar 24. Pemasangan SIM 900A pada Arduino

### 3. Perancangan Mekanik



Gambar 25. Box Alat

Pada tahapan selanjutnya yang tidak bisa dilewatkan ada tahap perancangan mekanik atau box alat monitoring PLTS. Fungsi dari Box ini adalah untuk melindungi komponen-komponen alat monitoring. Box

terbuat dari bahan dasar akrilik berbentuk balok tebal 2mm dengan ukuran 20cm x 12cm x 7 cm, desain untuk cutting akrilik ada pada Gambar 25. Setelah dicutting selanjutnya yaitu proses perancangan box agar sesuai dengan kebutuhan maka masih diperlukan perakitan hasil akrilik, pengeboran, dan pemasangan komponen.



Gambar 26. Proses Perancangan Box

### C. Tahap Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Tahap perancangan setelah melakukan analisis, identifikasi alat, dan perancangan *hardware* selanjutnya adalah perancangan *software*. Perancangan *software* ini ada dua bagian yaitu pembuatan website dan perencanaan program pada board Arduino, untuk lebih jelasnya dapat dilihat sebagai berikut :

#### 1. Perancangan Website

##### a. Pembuatan Database

Pada proses pengiriman data ke website untuk menyimpan sebuah data harus ada database. Perancangan database harus sesuai kebutuhan,

dalam proyek akhir ini database yang digunakan adalah menggunakan SQL dan untuk pengelolaannya menggunakan PHPMyAdmin. Dengan PHPMyAdmin ini dapat dengan mudah membuat, mengedit, mengisi sebuah database. Kebutuhan perancangan database dalam proyek akhir harus diperhatikan nama database, nama tabel, field, dan type datanya supaya dapat terhubung dengan file PHP. Pada proyek akhir ini nama database “monitor” nama tabel “t\_plts” dan struktur tabel plts dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Struktur Tabel PLTS

No	Nama Kolom	Type data
1	No	Int
2	Waktu	Datetime
3	teg_1	Float
4	teg_2	Float
5	arus_1	Float
6	arus_2	Float
7	Lux	Float

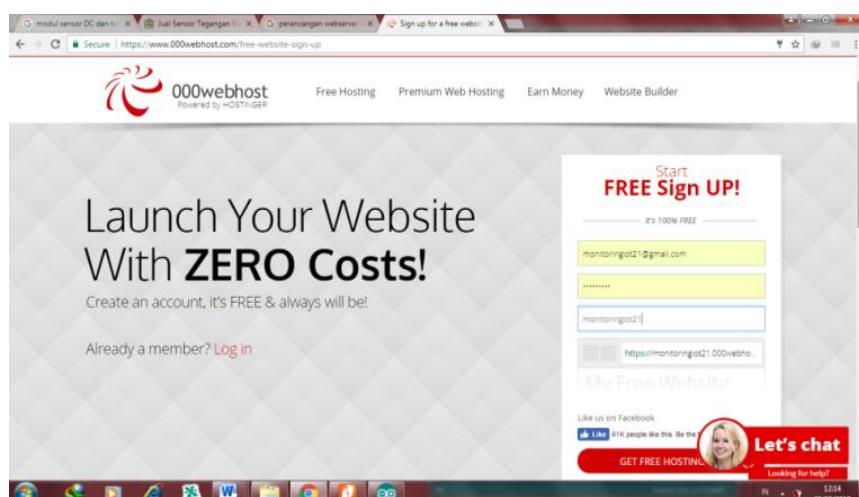
b. Pembuatan *Layout*

Pembuatan *layout* merupakan hal yang tidak kalah penting dalam membangun sebuah website. Dalam perancangan tampilan/desain web ini menggunakan alat bantu bootstrap, dengan adanya bootstrap perancangan desain web akan lebih cepat dan mudah. Bootstrap ini dibangun dengan teknologi CSS, HTML, dan JavaScript. Untuk membuat sebuah layout bootstrap sudah menyediakan grid system atau kolom di mana layout yang kita rancang akan otomatis menyesuaikan tampilannya di berbagai macam resolusi atau device jadi tampilan akan terlihat rapih.

### c. Upload ke Hosting

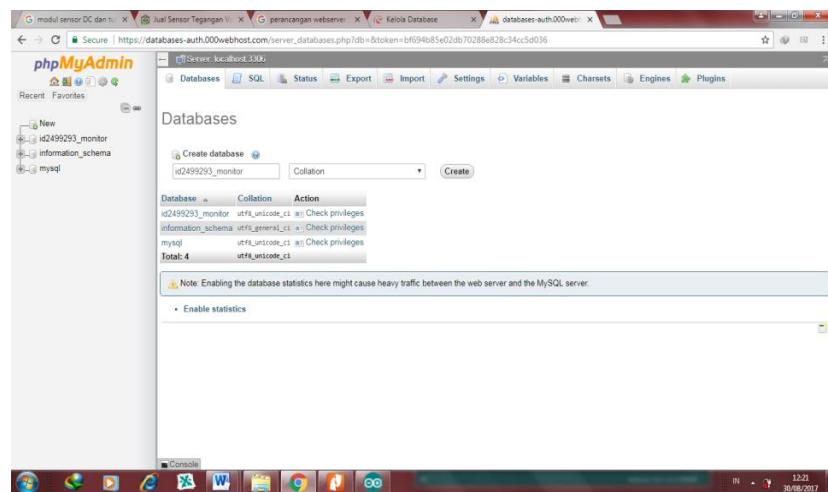
Dalam membuat website kita merancang sistem maupun database awalnya dengan *offline* terlebih dahulu menggunakan XAMPP, namun untuk membuat website kita dapat diakses melalui internet dan bisa dilihat di mana saja maka perlu untuk *upload* ke hosting. Layanan hosting ini ada yang berbayar dan gratis, dalam web ini menggunakan layanan gratis yaitu dengan jasa layanan penyedia hosting 000webhost.com, untuk langkah-langkahnya sebagai berikut :

- Melakukan pendaftaran dengan cara klik *Sign Up for Free* pada halaman awal [www.000webhost.com](https://www.000webhost.com/free-website-sign-up), lalu isikan email, *password*, dan nama alamat web yang ingin dikehendaki. Setelah sudah berhasil terdaftar verifikasi email dan *login*.



Gambar 27. Halaman Sign Up

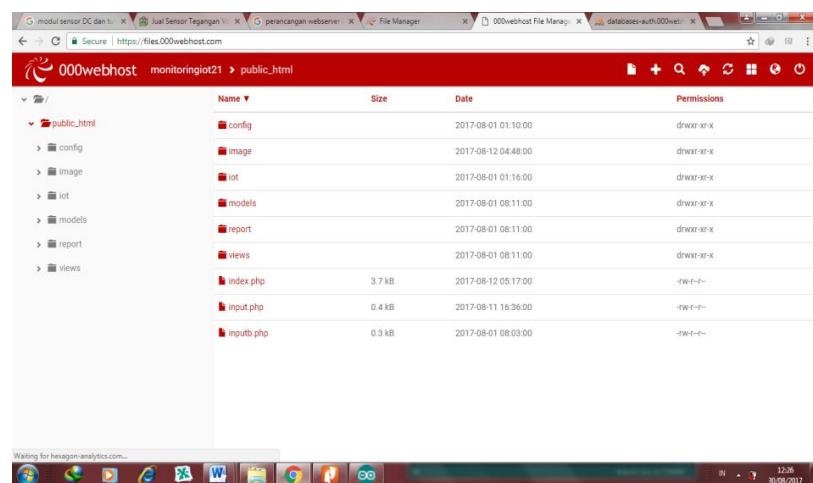
- Apabila sudah terdaftar tahap selanjutnya adalah mengupload database klik kelola database, buat database baru, lalu masuk ke PHPMyAdmin dan *import* database.



Gambar 28. Tampilan PHPMyAdmin

c) Tahapan perancangan web yang terakhir adalah *upload* file PHP.

Pilih *File Manager*, dan klik unggah file sekarang. Setelah file keseluruhan sudah dapat terupload maka edit file PHP sesuai kebutuhan seperti edit nama *database* dan *hyperlink*.

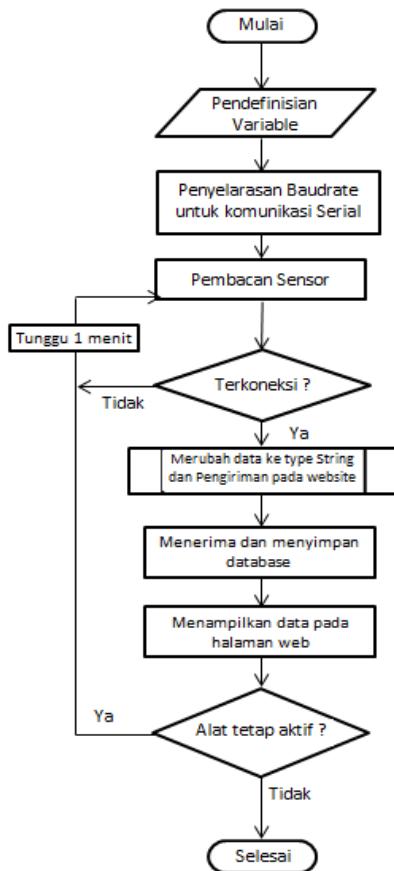


Gambar 29. File Manager

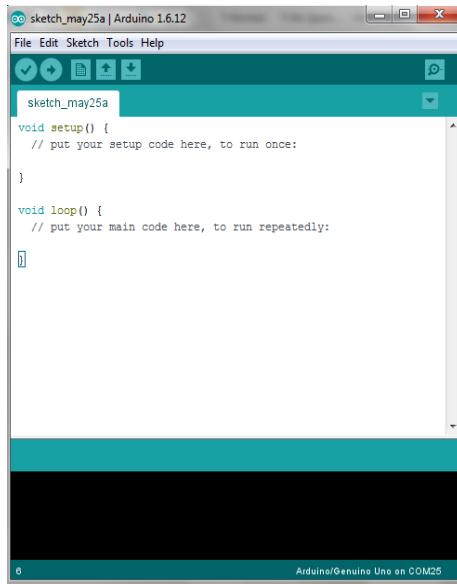
## 2. Perencanaan Program Arduino

Dalam perancangan prototipe monitoring PLTS ini menggunakan piranti pengolah data dan kontrol berupa Arduino UNO R3. Program yang

digunakan adalah bahasa C untuk memrogram secara umum dan untuk komunikasi SIM 900A menggunakan perintah AT-Command. Proses pembuatan program pada Arduino Uno menggunakan *software* Arduino IDE yang sudah disediakan oleh Arduino secara gratis. Langkah awal *setting type* Arduino dan port COM selanjutnya tuliskan program sesuai dengan kebutuhan. Untuk memastikan program sudah tertulis dengan benar pilih *compile*, jika tidak ada kesalahan maka program sudah bisa di *upload*. Proses *upload* akan berjalan beberapa detik, jika kode program sudah tidak ada kesalahan akan ada notifikasi ‘done uploading’ yang menandakan program sudah berhasil transfer pada board Arduino.



Gambar 30. Diagram Alir Program



Gambar 31. Tampilan *Software* Arduino IDE

#### D. Rencana Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja atau kinerja dari prototipe alat monitoring PLTS apakah sudah dapat bekerja dengan baik atau tidak sesuai dengan fungsinya, maka perlu dilakukan pengujian dan pengambilan data. Dalam pengujian alat ini dilakukan dua tahap yaitu tahap pengujian tiap-tiap komponen dan pengujian keseluruhan. Dalam pengujian ini maka diperlukan alat-alat, yakni multimeter, ampermeter, baterai, panel surya, kabel jumper, dan luxmeter. Sedangkan pengujian yang dilakukan adalah pengujian kalibrasi sensor tegangan AC, tegangan DC, sensor arus dan sensor lux. Selain mengkalibrasi sensor kita juga melakukan pengujian secara keseluruhan sistem yaitu sistem dengan beban 1 buah lampu 200 watt. Tabel pengujian dapat dilihat pada Tabel 9, Tabel 10, Tabel 11, Tabel 12, Tabel 13, dan Tabel 14.

### 1. Rencana Pengujian Sensor Tegangan

Tabel 9. Rencana Pengujian Sensor Tegangan AC

No	Pembacaan Sensor Teg AC (V)	Pembacaan Multimeter (V)	Selisih (V)	Presentase Selisih (%)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

### 2. Rencana Pengujian Sensor Tegangan DC

Tabel 10. Rencana Pengujian Sensor Tegangan DC

No	Pembacaan Sensor Teg DC (V)	Pembacaan Multimeter (V)	Selisih (V)	Presentase Selisih (%)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

### 3. Rencana Pengujian Sensor Arus AC

Tabel 11. Rencana Pengujian Sensor Arus AC

No	Pembacaan Sensor Arus (A)	Besar Beban (Watt)	Tegangan Beban (V)	Perhitungan Arus (A)	Presentase Selisih (%)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

4. Rencana Pengujian Sensor Arus DC

Tabel 12. Rencana Pengujian Sensor Arus DC

No	Pembacaan Sensor Arus (A)	Besar Beban (Ohm)	Tegangan Beban (V)	Perhitungan Arus (A)	Presentase Selisih (%)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

5. Rencana Pengujian Sensor Intensitas Cahaya (lux)

Tabel 13. Rencana Pengujian Intensitas Cahaya

No	Intensitas Cahaya		Selisih (lux)	Presentase Selisih (%)
	Pembacaan Sensor BH1750 (lux)	Pembacaan Luxmeter (lux)		
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

6. Rencana Pengujian Pengiriman dan Penerimaan Data

Tabel 14. Rencana Pengujian Pengiriman dan Penerimaan Data

No	Data (Waktu, Tegangan Beban, Tegangan Pengisian Baterai, Arus Beban, Arus PV, Lux)	Selisih Waktu
1	Dikirim : Diterima :	
2	Dikirim : Diterima :	
3	Dikirim : Diterima :	
4	Dikirim : Diterima :	

## **BAB IV**

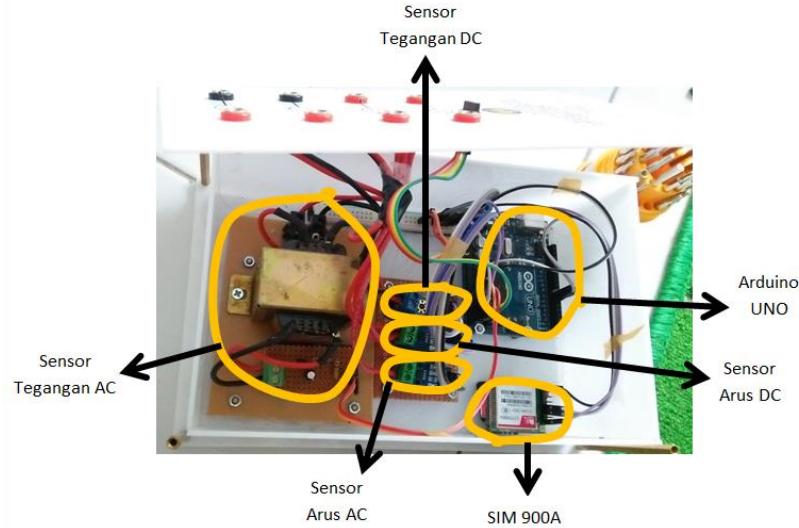
### **PENGUJIAN, HASIL, DAN PEMBAHASAN**

#### **A. Hasil Realisasi Prototipe Sistem Monitoring PLTS**

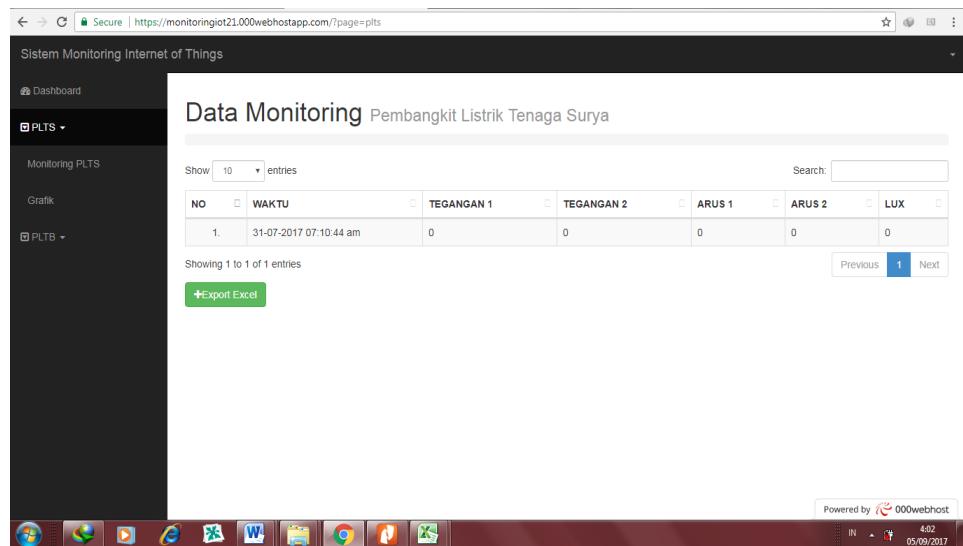
Wujud fisik hasil realisasi alat monitoring PLTS berbasis *internet of things* dapat dilihat pada Gambar 32. Sesuai dengan perencanaan mikrokontroller yang digunakan dalam proyek akhir ini adalah Arduino UNO R3 untuk mengolah sensor dan pengirim data. Sensor yang digunakan ada 4 jenis sensor, yaitu : (1) sensor tegangan AC dengan trafo *step down* dan rangkaian pembagi tegangan dengan kemampuan maksimal membaca tegangan sebesar 230VAC; (2) sensor tegangan DC menggunakan dua resistor sebagai pembagi tegangan dengan kemampuan maksimal dapat membaca 25VDC; (3) sensor arus AC/DC menggunakan modul ACS712 memiliki kemampuan maksimal membaca arus 20A; (4) sensor intensitas cahaya menggunakan BH1750 dengan kemampuan maksimal dapat membaca 65.535 lux. Tampilan website dapat dilihat pada Gambar 33, alamat website yaitu [monitoringiot21.000webhostapp.com](http://monitoringiot21.000webhostapp.com). Data monitoring yang ditampilkan berupa tabel, grafik, dan *download* file dengan cara klik *export excel*, secara otomatis file akan ter*download* dengan format excel.



Gambar 32. Hasil Realisasi Alat Monitoring



Gambar 33. Bagian dalam Box



Gambar 34. Hasil Realisasi Website

## B. Pengujian

Tujuan pengujian dan pengambilan data pada prototipe sistem monitoring PLTS ini adalah untuk mengetahui kemampuan dan unjuk kerja sistem tersebut yang meliputi pengujian per bagian sensor pengujian kode program, dan pengujian keseluruhan.

## 1. Pengujian per bagian sensor

### a. Alat yang digunakan

- 1) Sumber Tegangan AC 1 phasa
- 2) Sumber Tegangan DC
- 3) Multimeter Digital
- 4) Amperemeter
- 5) Luxmeter
- 6) Kabel Penghubung
- 7) Beban Lampu dan Alat Elektronik
- 8) Resistor

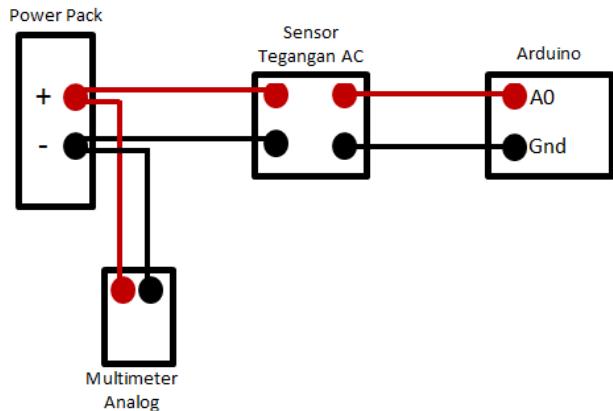
### b. Langkah Pengujian

- 1) Lakukan cek rangkaian alat monitoring.
- 2) Hubungkan catu daya 9-12 VDC ke alat monitoring.
- 3) Hubungkan *input* sensor tegangan, sensor arus, dan sensor intensitas cahaya sesuai dengan ketentuan rangkaian.
- 4) Lakukan pengukuran dan pencatatan hasil pengukuran dengan menggunakan alat ukur sesuai keperluan.
- 5) Pada pengujian sensor, lakukan perhitungan perbandingan antara alat ukur dengan sensor yang diuji dengan rumus presentase selisih sensor sebagai berikut :

$$\frac{\text{Pembacaan Alat Ukur} - \text{Hasil Pembacaan Sensor}}{\text{Pembacaan Alat Ukur}} \times 100 \%$$

c. Proses Pengujian

1) Pengujian Sensor Tegangan AC



Gambar 35. Rangkaian Pengujian Sensor Tegangan AC

Pengujian sensor tegangan AC bertujuan untuk mengetahui kinerja perangkat *hardware* dan program yang telah dibuat. Langkah-langkah dalam pengujian dapat dijelaskan sebagai berikut. Pertama, hubungkan power pack pada bagian regulator AC dengan tegangan 0-220 VAC ke *input* sensor tegangan AC pada alat monitoring seperti pada Gambar 34. Kedua, secara bersamaan lakukan juga pengukuran menggunakan multimeter pada Vsumber. Ketiga, lakukan percatatan pada tabel pengamatan yang sudah tersedia. Setelah data sudah didapatkan semua, langkah selanjutnya yaitu melakukan perbandingan antara sensor tegangan dengan pengukuran pada multimeter. Hasil dari pengujian sensor tegangan dapat dilihat pada Tabel 15 dan proses pengujian sensor tegangan AC dapat dilihat pada Gambar 35 Berikut ini :



Gambar 36. Pengujian Sensor Tegangan AC

Tabel 15. Hasil Pengujian Sensor Tegangan AC

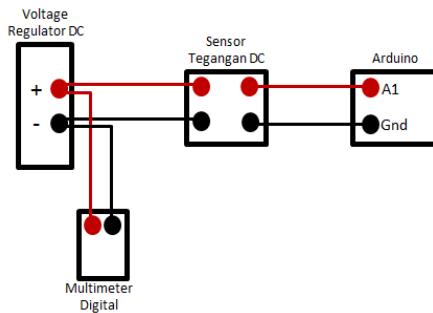
No	Pembacaan Sensor (V)	Pembacaan Multimeter (V)	Selisih (V)	Presentase Selisih (%)
1	0	0	0	0
2	29,59	30	0,41	1,37
3	39,64	40	0,36	0,9
4	58,98	60	1,02	1,7
5	78,7	80	1,3	1,63
6	99,44	100	0,56	0,56
7	119,47	120	0,53	0,44
8	139,47	140	0,53	0,38
9	159,25	160	0,75	0,47
10	179,41	180	0,59	0,33
11	199,21	200	0,79	0,39
12	219,24	220	0,76	0,35

Sensor tegangan AC ini berfungsi untuk mengukur tegangan pada beban yang kemudian dikirimkan ke website. Cara kerja alat ini yaitu PIN ADC.0 pada Arduino membaca tegangan DC lalu dikonversikan dengan pembacaan input tegangan maksimal harus 5 V. Berdasarkan tabel pengujian sensor tegangan AC sudah bekerja sesuai fungsinya. Pengujian ini menggunakan alat ukur multimeter dan melakukan pengujian menggunakan sumber 0 - 220V. Data pada Tabel 15 menunjukkan bahwa pada saat tegangan sumber naik

pembacaan sensor juga mengikuti. Ditunjukkan bahwa presentase kesalahan pengukuran tegangan paling besar yaitu 1,7%. Sesuai dengan data pada Tabel 15 didapatkan presentase rata-rata kesalahan pengukuran sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata Kesalahan} &= \frac{\text{Jumlah Presentase Kesalahan}}{\text{Jumlah Data}} \% \\
 &= \frac{8,60}{12} \% \\
 &= 0,71\%
 \end{aligned}$$

## 2) Pengujian Sensor Tegangan DC



Gambar 37. Rangkaian Pengujian Sensor DC

Pengujian sensor tegangan DC dilakukan untuk mengetahui kinerja sensor tegangan DC tersebut. Pengujian sensor tegangan DC hampir sama dengan pengujian sensor tegangan AC, hanya saja menggunakan tegangan sumber DC karena sensor yang diuji merupakan sensor DC seperti pada Gambar 36. Langkah-langkahnya, Pertama hubungan keluaran tegangan 0-25 VDC pada catu daya ke input sensor tegangan DC pada alat monitoring. Kedua, Secara bersamaan lakukan pembacaan hasil pengukuran dengan multimeter maupun dengan sensor sesuai dengan tabel pengujian.

Setelah melakukan pencatatan selesai bandingkan antara pembacaan sensor dan multimeter. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 16.

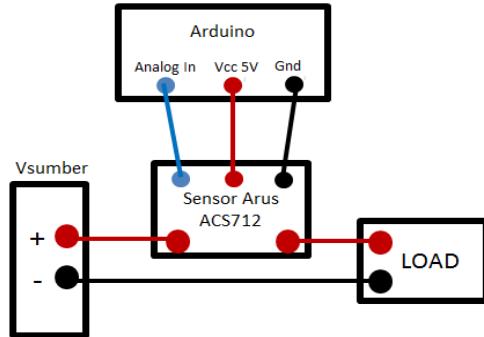
Tabel 16. Hasil Pengujian Sensor Tegangan DC

No	Pembacaan Sensor Tegangan DC (V)	Pembacaan Multimeter (V)	Selisih (V)	Presentase Selisih (%)
1	0	0	0	0
2	4,6	4,7	0,1	2,13
3	6,8	6,9	0,1	1,45
4	8,5	8,7	0,2	2,30
5	10,3	10,5	0,2	1,90
6	12,1	12,1	0	0,00
7	12,8	13,1	0,3	2,29
8	16,6	16,8	0,2	1,19
9	20	20,3	0,3	1,48

Pengujian sensor tegangan DC menggunakan alat ukur pembanding yaitu multimeter digital. Sensor tegangan DC pada aplikasi nyata nantinya digunakan sebagai pembaca tegangan pada pengisian baterai. Cara kerja sensor ini yaitu pin ADC.1 Arduino dikonversikan, dikirimkan, disimpan, dan ditampilkan pada halaman website. Berdasarkan pengujian yang dilakukan sesuai dengan Tabel 16 pengujinya menggunakan sumber 0 – 20,3 VDC. Sensor ini memiliki tingkat presentase selisih paling besar yaitu 2,3% pada tegangan pembacaan multimeter pada Vsumber sebesar 8,7 VDC. Sesuai data pada Tabel 16 maka dapat dihitung rata-rata kesalahan :

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata Kesalahan} &= \frac{\text{Jumlah Presentase Kesalahan}}{\text{Jumlah Data}} \% \\
 &= \frac{12,74}{9} \% \\
 &= 1,41 \%
 \end{aligned}$$

### 3) Pengujian Sensor Arus AC/DC



Gambar 38. Pengujian Sensor Arus

Pengujian sensor arus digunakan untuk mengetahui kinerja dari sensor arus tersebut. Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan perhitungan arus/hasil pembacaan alat ukur dengan hasil pembacaan ACS712. Tahap pengujian yaitu hubungkan sensor dengan tegangan kerja VDC lalu memberi beban DC untuk pengukuran arus DC. Pengujian sensor arus AC yaitu dengan menghubungkan sensor dengan tegangan kerja VAC lalu memberi beban AC, berikan beban variatif sesuai ketentuan pada tabel pengujian. Setelah sudah di rangkai maka lakukan pencatatan dan perhitungan presentase selisih. Untuk melihat hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 17 dan Tabel 18.

Tabel 17. Hasil Pengujian Sensor Arus AC

No	Pembacaan Sensor Arus (A)	Besar Beban (Watt)	Tegangan Beban (V)	Perhitungan Arus (A)	Selisih	Presentase Selisih (%)
1	3,35	740	220	3,36	0,01	0,29
2	3,19	700	220	3,18	0,01	0,31
3	1,83	390	220	1,77	0,06	3,38
4	1,62	350	220	1,59	0,03	1,88



Gambar 39. Pengujian Sensor Arus AC

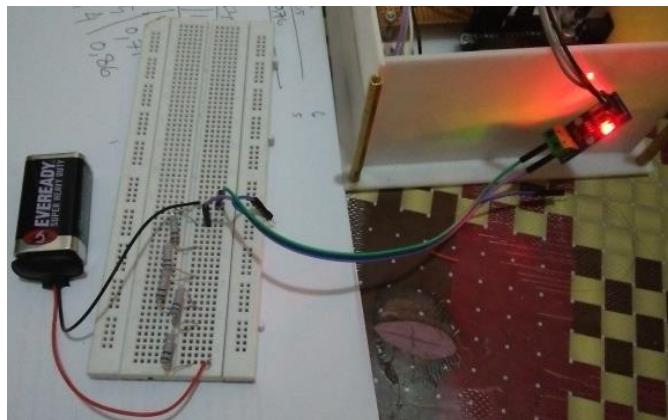
Sensor ACS 712 dalam proyek akhir ini berjumlah dua buah yang berfungsi sebagai pendekripsi arus pada PV dan arus pada beban. Pengujian ini dilakukan dengan beban dan tegangan AC maupun DC. Cara kerja dari sensor ACS 712 menggunakan pin ADC.2 untuk arus AC dan pin ADC.3 untuk arus DC lalu dikonversikan melalui Arduino. Dalam pengujian sensor arus AC hasilnya dapat dilihat pada Tabel 17, pengujian menggunakan beban alat elektronik dengan watt sesuai dengan yang ada pada yaitu rentang 350 – 740 watt. Pada saat pengujian nilai selisih paling besar yaitu 0,06A dengan nilai perhitungan hukum Ohm saat beban 390 watt dan tegangan 220VAC, maka besaran arus seharusnya 1,77A namun pada pembacaan sensor 1,83 A. Dari pengujian yang sudah dilakukan maka dapat dihitung persentase rata-rata kesalahan :

Rata-rata kesalahan sensor arus AC

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Jumlah Presentase Kesalahan}}{\text{Jumlah Data}} \% \\
 &= \frac{5,86}{4} \% \\
 &= 1,46 \%
 \end{aligned}$$

Tabel 18. Hasil Pengujian Sensor Arus DC

No	Pembacaan Sensor (A)	Besar Beban (Ohm)	Tegangan Beban (V)	Perhitungan Arus (A)	Selisih	Presentase Selisih (%)
1	0,71	25	18	0,72	0,01	1,38
2	0,76	12	9	0,75	0,01	1,34
3	1,05	9	9	1,00	0,05	5
4	0,71	5	3,7	0,74	0,03	4,05

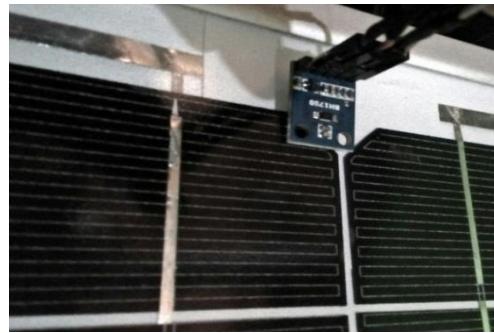


Gambar 40. Pengujian Sensor Arus DC

Pengujian sensor arus DC hasilnya dapat dilihat pada Tabel 18, pengujian menggunakan beban resistor dan tegangan DC sesuai dengan tabel pengujian. Pada saat pengujian memiliki nilai selisih paling besar yaitu 0,05A pada saat beban 9 Ohm dan tegangan 9 Vdc sesuai dengan hukum ohm maka nilai arus sesuai perhitungan adalah 0,1A, sedangkan pada pembacaan sensor 1,05A. Dari hasil pengujian yang ada maka dapat dihitung rata-rata presentase kesalahan :

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata Kesalahan} &= \frac{\text{Jumlah Presentase Kesalahan}}{\text{Jumlah Data}} \% \\
 &= \frac{11,77}{4} \% \\
 &= 2,94 \%
 \end{aligned}$$

#### 4) Pengujian Sensor Intensitas Cahaya BH1750



Gambar 41. Pemasangan Sensor BH1750 pada Panel Surya

Pengujian sensor intensitas cahaya ini memiliki tujuan untuk mengetahui kinerja dari sensor BH1750. Pengujian ini dilakukan dengan cara pembandingan luxmeter dengan sensor BH1750 pada tingkatan cahaya yang berbeda. Hasil pada pengujian sensor BH1750 dapat dilihat pada Tabel 19.

Tabel 19. Hasil Pengujian BH1750

No	Jarak Sumber Cahaya (cm)	Pembacaan Sensor (Lux)	Pembacaan Luxmeter (Lux)	Selisih	Presentase Selisih (%)
1	50	133,33	132	1,33	1,01
2	40	213,33	216	2,67	1,24
3	30	330	337	7	2,08
4	25	1015,67	1026	10,33	1,01
5	20	1478	1453	25	1,72
6	15	1928	1903	25	1,31
7	10	2375	2354	21	0,89

Pengujian sensor BH1750 dilakukan dengan pembandingan dengan alat ukur luxmeter. Pembandingan dilakukan dengan cara melakukan pengukuran dengan meletakkan lampu pada jarak tertentu. Hasil Pengujian dapat dilihat pada Tabel 19, didapat selisih paling besar yaitu 25 lux pada saat sumber cahaya pada jarak 20 cm pembacaan alat ukur 1453 lux sedangkan sensor membaca

1478 lux. Sensor intensitas cahaya memiliki keterbatasan sampai batas maksimal 65535 lux, sehingga apabila pembacaan di atas 65535 lux output dari sensor tidak stabil.

Dengan hasil pengujian tersebut dapat dihitung presentase rata-rata kesalahan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata Kesalahan} &= \frac{\text{Jumlah Presentase Kesalahan}}{\text{Jumlah Data}} \% \\ &= \frac{9,26}{7} \% \\ &= 1,32 \%\end{aligned}$$

## 2. Pengujian Kode Program

Pengujian kode program dalam proses pembuatan alat monitoring dibagi menjadi dua bagian yaitu pemrograman pada arduino dan pemrograman pada website.

### a. Pemrograman Arduino

Pemrograman arduino ini menggunakan bahasa C, setelah proses perancangan program berhasil membaca sensor dan mengirimkan hasil pembacaan sensor ke website. Kode program pada di bawah ini menjelaskan pendeklarasian variabel, fungsinya untuk mendeskripsikan variabel-variabel yang akan digunakan untuk menjalankan program utama.

```
#define ARUS1 A2
#include <SoftwareSerial.h>
#include <String.h>
#include <Wire.h>
#include <BH1750.h>

SoftwareSerial SIM900A(6, 7);
float teg_1, teg_2, arus_1, lux, luxs, arus_2;
String site;
```

Tahapan setelah pendeklarasian variable adalah void setup ( ) seperti di bawah ini. Fungsi dari kode tersebut untuk menginisiasi variabel, mengatur mode pin pada *board* dan mengatur *baudrate*, bagian ini hanya dijalankan sekali pada saat awal program dijalankan atau direset.

```
void setup()
{
    SIM900A.begin(38400);
    Serial.begin(9600);
    lightMeter.begin();
    pinMode(ARUS1, INPUT);
    delay(1000);
}
```

Bagian *loop* atau merupakan bagian utama dari kode program yang akan dijalankan berulang kali. Fungsi dari adanya kode loop pada alat ini yaitu pembacaan sensor, koneksi internet, dan pemanggilan fungsi pengiriman data yang dilakukan secara berulang selama alat masih terhubung dengan sumber tampilan kode bisa dilihat di bawah untuk lebih lengkapnya ada pada bagian lampiran 3.

```
SIM900A.println("AT+HTTPINIT");
delay(2000);
toSerial();

site="AT+HTTPPARA=\"URL\", \"http://monitoringiot21.000webhostapp.com/input.php?teg_1="+String(teg_1)
+"&teg_2="+String(teg_2)+"&arus_1="+String(arus_1)+"&arus_2"
="+String(arus_2)+"&lux="+String(lux)+"\";

SIM900A.println(site);
delay(2000);
toSerial();
```

## b. Pemrograman Website

Pemrograman pada website menggunakan bahasa PHP dan database menggunakan MySQL dengan pengelolaan melalui PHPMyAdmin. Tahap-tahap pembuatan website sudah dijelaskan pada BAB III yaitu perancangan database, mendesain website, dan mengupload pada layanan hosting gratis. Website merupakan media penerima data dari arduino yang dikirimkan dengan bantuan modul SIM 900A. Proses menerima ini menggunakan metode yang sama saat pengiriman yaitu metode GET. Menambahkan data menggunakan metode ini yaitu melalui URL sehingga prosesnya mudah. Adapun kekurangan dari metode GET ini karena menggunakan penambahan data melalui URL maka tingkat keamanan rendah. Gambar 46 merupakan *script* program penerima dan penyimpanan data ke dalam database yang tersedia pada *server* website. Database yang digunakan dalam *server* ini bernama database id2499293\_monitor dan nama tabel t\_plts tampilannya.

```

$host = "localhost";
$user = "root";
$pass = "";
$database = "monitor";

$koneksi =mysqli_connect($host,$user,$pass,$database);

$teg_1 = $_GET['teg_1'];
$teg_2 = $_GET['teg_2'];
$arus_1 = $_GET['arus_1'];
$arus_2 = $_GET['arus_2'];
$lux = $_GET['lux'];
$arah = $_GET['arah'];
$kecepatan = $_GET['arah'];

$query=mysqli_query($koneksi,"INSERT INTO t_plts VALUES
('', now(), '$teg_1', '$teg_2', '$arus_1', '$arus_2',
'$lux')");
```

Proses desain website ini menggunakan *template bootstrap*, sehingga tampilan pada website *responsive* kode program *template* dapat dilihat pada dibawah ini untuk lebih lengkapnya ada pada lampiran 4.

```
<body>
  <div id="wrapper">
    <nav class="navbar navbar-inverse navbar="navigation">
      <div class="navbar-header">
        <button type="button" class="navbar-toggle" data-
```

### 3. Pengujian Keseluruhan



Gambar 42. Pengujian Keseluruhan

Pengujian keseluruhan meliputi pengujian unjuk kerja pada setiap unit sensor dan sistem pada website yang telah dirancang. Pengujian yang dilakukan yaitu pembacaan sensor tegangan AC untuk tegangan beban, sensor tegangan DC untuk pembacaan tegangan pada pengisian baterai, sensor arus AC untuk pembacaan arus beban, sensor arus DC untuk pembacaan arus pada *output* panel surya, dan BH1750 untuk membaca intensitas cahaya pada panel surya. Pada pengujian ini dilakukan di

halaman Bengkel Perbaikan Listrik. Media yang digunakan dalam pengujian ini berupa panel surya 50 wp, baterai 32 Ah, SCC, dan beban lampu pijar sebesar 200 watt.

```

AT+HTTPTERM
OK
AT+CGATT?
+CGATT: 1
OK
AT+SAPBR=3,1,"CONTYPE","GPRS"
OK
AT+SAPBR=3,1,"APN","internet"
OK
AT+SAPBR=1,1
OK
AT+HTTPINIT
OK
AT+HTTPPARA="URL", "http://monitoringiot21.000webhostapp.com/inpi"
OK
0.00

```

Gambar 43. Tampilan Serial Monitor Pengiriman

Pengiriman data dari arduino ke website memanfaatkan jaringan internet dengan menggunakan modul SIM 900A sebagai penghubungnya. Data yang dikirim nantinya akan ditampilkan pada alamat [www.monitoringiot21.000webhostapp.com](http://monitoringiot21.000webhostapp.com) sebagai *server*. Dalam proses pengiriman mempergunakan metode GET dengan bantuan perintah AT-Command. Proses pengiriman data dapat terlihat pada serial monitor seperti pada Gambar 43. Pengiriman apabila berhasil akan muncul keterangan “ok”, dan apabila gagal terkoneksi maka pada serial monitor tampil keterangan “*error*”.

## C. Pembahasan

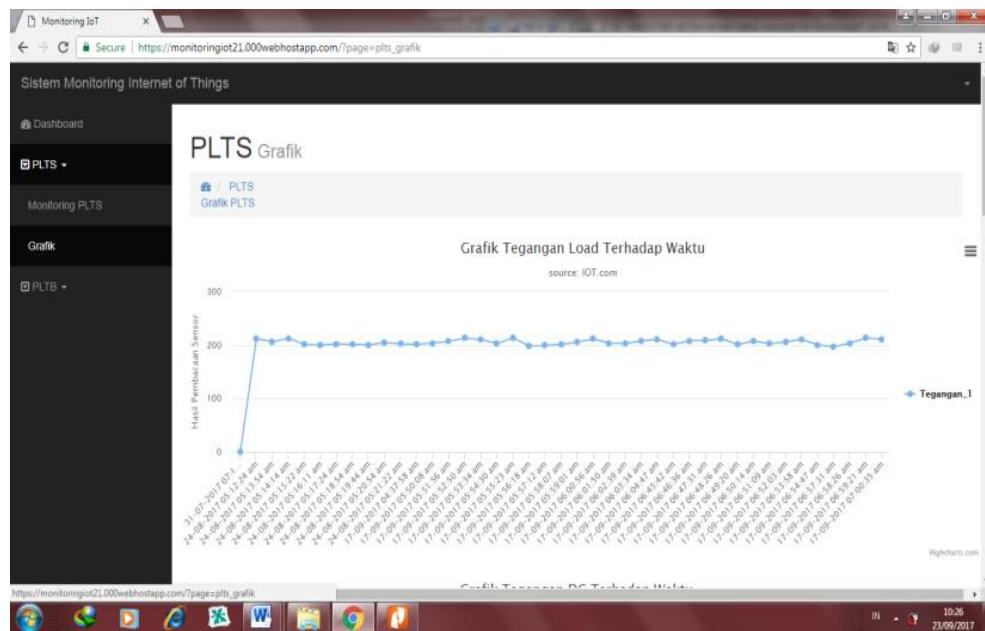
Pembahasan ini untuk melihat seberapa besar keberhasilan implementasi alat secara keseluruhan. Pengujian dilakukan di halaman bengkel pemeliharaan pada saat siang hari. Pengujian dilakukan dengan melihat kondisi alat monitoring dan sistem pemantauan melalui internet. Pengiriman data dimulai pukul 13.45 – 13.52 WIB dengan total pengiriman 8 data dapat dilihat pada Tabel 20, dengan waktu tunda pengiriman antara 50-65 detik. Pengujian ini dilakukan menggunakan baterai 32 Ah, panel surya 50 Wp, SCC, dan beban lampu 200 watt. Pada Tabel 20 menunjukan kinerja pembacaan sensor arus PV dan intensitas cahaya.

NO	WAKTU	TEGANGAN Load	TEGANGAN DC	ARUS Load	ARUS PV	LUX
1.	31-07-2017 07:10:44 am	0	0	0	0	0
2.	24-08-2017 05:12:24 am	211.72	14	1.04	1.49	29789
3.	24-08-2017 05:13:54 am	205.51	12.7	1.02	1.1	23470
4.	24-08-2017 05:14:14 am	212.24	13.3	1.06	1.3	24590
5.	24-08-2017 05:15:22 am	200.59	13.2	1	1.39	25383
6.	24-08-2017 05:16:11 am	199.55	13.2	0.99	1.74	32534
7.	24-08-2017 05:17:24 am	201.62	14	0.99	2.86	45336
8.	24-08-2017 05:18:54 am	200.65	13.9	1	1	19849
9.	24-08-2017 05:19:44 am	200.07	13.6	1	0.9	19068
10.	24-08-2017 05:20:54 am	204.47	13.8	1.02	1.1	22708
11.	24-08-2017 05:21:22 am	201.88	13.9	1	0.06	Powered by 1000webhost

Gambar 44. Tampilan Data Pada Website

. Hasil pengujian didapat bahwa arus puncak pada pukul 13.45 WIB sebesar 2,08 A begitu dengan intensitas cahaya memiliki nilai puncak pada waktu yang sama yaitu sebesar 35985 lux. Sedangkan memperoleh nilai terendah pada pukul 13.50 WIB dengan besar arus 1,78 A dan besar intensitas

cahaya 22847 lux. Hal ini membuktikan bahwa besar kecilnya arus yang dihasilkan PV tergantung dengan besarnya intensitas cahaya matahari, semakin besar intensitas cahaya matahari maka semakin tinggi nilai arus yang dihasilkan PV, begitu juga sebaliknya. Pada halaman website data yang tersimpan pada database akan selalu sama dengan yang ditampilkan pada *web browser*. Proses pengiriman ke *server* dilakukan satu menit sekali, sedangkan tampilan dalam website berupa tabel, grafik, dan dapat didownload dengan format excel. Namun penampilan waktu pada database dan website masih menggunakan zona waktu *server* yaitu GMT +0. Selain itu, masih terdapat keterbatasan alat sinyal yang ditangkap oleh SIM 900A terkadang kurang kuat sehingga terjadi penundaan pada pengiriman data.



Gambar 45. Tampilan Grafik pada Website

Tabel 20. Data Pengiriman dan Penerima

No	Data (Waktu, Tegangan Beban, Tegangan Pengisian Baterai, Arus Beban, Arus PV, Lux)	Selisih Waktu													
1	<p>Dikirim :</p> <table border="1"> <tr><td>17/09/2017 13:44:44</td><td>200.59</td><td>17.33</td><td>0.98</td><td>2.08</td><td>35985</td></tr> </table> <p>Diterima :</p> <table border="1"> <tr><td>28.</td><td>17-09-2017 06:45:42 am</td><td>200.59</td><td>17.33</td><td>0.98</td><td>2.08</td><td>35985</td></tr> </table>	17/09/2017 13:44:44	200.59	17.33	0.98	2.08	35985	28.	17-09-2017 06:45:42 am	200.59	17.33	0.98	2.08	35985	62 detik
17/09/2017 13:44:44	200.59	17.33	0.98	2.08	35985										
28.	17-09-2017 06:45:42 am	200.59	17.33	0.98	2.08	35985									
2	<p>Dikirim :</p> <table border="1"> <tr><td>17/09/2017 13:45:44</td><td>207.84</td><td>16.28</td><td>1.04</td><td>1.93</td><td>28382</td></tr> </table> <p>Diterima :</p> <table border="1"> <tr><td>29.</td><td>17-09-2017 06:46:36 am</td><td>207.84</td><td>16.28</td><td>1.04</td><td>1.93</td><td>28382</td></tr> </table>	17/09/2017 13:45:44	207.84	16.28	1.04	1.93	28382	29.	17-09-2017 06:46:36 am	207.84	16.28	1.04	1.93	28382	52 detik
17/09/2017 13:45:44	207.84	16.28	1.04	1.93	28382										
29.	17-09-2017 06:46:36 am	207.84	16.28	1.04	1.93	28382									
3	<p>Dikirim :</p> <table border="1"> <tr><td>17/09/2017 13:46:38</td><td>208.09</td><td>16.99</td><td>0.96</td><td>1.93</td><td>30267</td></tr> </table> <p>Diterima :</p> <table border="1"> <tr><td>30.</td><td>17-09-2017 06:47:31 am</td><td>208.09</td><td>16.99</td><td>0.96</td><td>1.93</td><td>30267</td></tr> </table>	17/09/2017 13:46:38	208.09	16.99	0.96	1.93	30267	30.	17-09-2017 06:47:31 am	208.09	16.99	0.96	1.93	30267	53 detik
17/09/2017 13:46:38	208.09	16.99	0.96	1.93	30267										
30.	17-09-2017 06:47:31 am	208.09	16.99	0.96	1.93	30267									
4	<p>Dikirim :</p> <table border="1"> <tr><td>17/09/2017 13:47:33</td><td>211.2</td><td>14.92</td><td>1.04</td><td>1.83</td><td>24693</td></tr> </table> <p>Diterima :</p> <table border="1"> <tr><td>31.</td><td>17-09-2017 06:48:26 am</td><td>211.2</td><td>14.92</td><td>1.04</td><td>1.83</td><td>24693</td></tr> </table>	17/09/2017 13:47:33	211.2	14.92	1.04	1.83	24693	31.	17-09-2017 06:48:26 am	211.2	14.92	1.04	1.83	24693	54 detik
17/09/2017 13:47:33	211.2	14.92	1.04	1.83	24693										
31.	17-09-2017 06:48:26 am	211.2	14.92	1.04	1.83	24693									
5	<p>Dikirim :</p> <table border="1"> <tr><td>17/09/2017 13:48:28</td><td>200.85</td><td>15.65</td><td>1.07</td><td>1.83</td><td>23840</td></tr> </table> <p>Diterima :</p> <table border="1"> <tr><td>32.</td><td>17-09-2017 06:49:20 am</td><td>200.85</td><td>15.65</td><td>1.07</td><td>1.83</td><td>23840</td></tr> </table>	17/09/2017 13:48:28	200.85	15.65	1.07	1.83	23840	32.	17-09-2017 06:49:20 am	200.85	15.65	1.07	1.83	23840	52 detik
17/09/2017 13:48:28	200.85	15.65	1.07	1.83	23840										
32.	17-09-2017 06:49:20 am	200.85	15.65	1.07	1.83	23840									
6	<p>Dikirim :</p> <table border="1"> <tr><td>17/09/2017 13:49:22</td><td>207.06</td><td>15.99</td><td>1.07</td><td>1.78</td><td>22847</td></tr> </table> <p>Diterima :</p> <table border="1"> <tr><td>33.</td><td>17-09-2017 06:50:14 am</td><td>207.06</td><td>15.99</td><td>1.07</td><td>1.78</td><td>22847</td></tr> </table>	17/09/2017 13:49:22	207.06	15.99	1.07	1.78	22847	33.	17-09-2017 06:50:14 am	207.06	15.99	1.07	1.78	22847	52 detik
17/09/2017 13:49:22	207.06	15.99	1.07	1.78	22847										
33.	17-09-2017 06:50:14 am	207.06	15.99	1.07	1.78	22847									
7	<p>Dikirim :</p> <table border="1"> <tr><td>17/09/2017 13:50:16</td><td>202.14</td><td>17.04</td><td>1.04</td><td>1.83</td><td>24794</td></tr> </table> <p>Diterima :</p> <table border="1"> <tr><td>34.</td><td>17-09-2017 06:51:09 am</td><td>202.14</td><td>17.04</td><td>1.04</td><td>1.83</td><td>24794</td></tr> </table>	17/09/2017 13:50:16	202.14	17.04	1.04	1.83	24794	34.	17-09-2017 06:51:09 am	202.14	17.04	1.04	1.83	24794	53 detik
17/09/2017 13:50:16	202.14	17.04	1.04	1.83	24794										
34.	17-09-2017 06:51:09 am	202.14	17.04	1.04	1.83	24794									
8	<p>Dikirim :</p> <table border="1"> <tr><td>17/09/2017 13:51:12</td><td>205.51</td><td>15.36</td><td>1.04</td><td>2.03</td><td>27983</td></tr> </table> <p>Diterima :</p> <table border="1"> <tr><td>35.</td><td>17-09-2017 06:52:03 am</td><td>205.51</td><td>15.36</td><td>1.04</td><td>2.03</td><td>27983</td></tr> </table>	17/09/2017 13:51:12	205.51	15.36	1.04	2.03	27983	35.	17-09-2017 06:52:03 am	205.51	15.36	1.04	2.03	27983	51 detik
17/09/2017 13:51:12	205.51	15.36	1.04	2.03	27983										
35.	17-09-2017 06:52:03 am	205.51	15.36	1.04	2.03	27983									

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, pengujian, dan pembahasan alat monitoring ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Alat monitoring terdiri atas rangkaian Arduino UNO, SIM900A, sensor tegangan AC, sensor tegangan DC, sensor arus AC, sensor arus DC, dan sensor intensitas cahaya.
2. Masing-masing sensor memiliki rata-rata tingkat kesalahan pengukuran tegangan AC sebesar 0,71%, pengukuran tegangan DC sebesar 1,41%, pengukuran arus AC sebesar 1,46%, pengukuran arus DC sebesar 2,94%, dan pengukuran intensitas cahaya sebesar 1,32 %. Alat monitoring ini penyimpanannya menggunakan database *online* dan ditampilkan dalam sebuah website. Pengiriman hasil pembacaan sensor ke website dilakukan setiap satu menit sekali, tampilan berupa tabel, grafik dan dapat *download* dengan format excel.

#### **B. Keterbatasan Alat**

Setelah dilakukan pengujian terhadap alat monitoring ini ternyata masih memiliki beberapa kelemahan, yaitu :

1. Kemampuan sensor BH1750 dalam pembacaan intensitas cahaya (lux) memiliki batas maksimal 65535 lux, sehingga apabila pembacaan di atas 65535 lux output dari sensor tidak stabil.

2. Penangkapan sinyal dari modul SIM900A terkadang kurang kuat, sehingga pengiriman dari hasil pembacaan sensor pengalami penundaan.
3. Pengiriman data menggunakan metode GET dimana data dapat dengan mudah ditambahkan ke website melalui URL, sehingga memiliki tingkat keamanan yang rendah.

### **C. Saran**

Saran yang diberikan untuk pengujian yang berhubungan dengan proyek akhir ini adalah :

1. Pembacaan intensitas cahaya (lux) sebaiknya menggunakan sensor yang memiliki rate yang lebih tinggi supaya maksimal.
2. Penggunaan Modul SIM900A alangkah lebih baik menggunakan antena tambahan untuk penguat sinyal.
3. Untuk meningkatkan keamanan data sebaiknya pengiriman dan penerimaan data menggunakan metode lain yang memiliki tingkat keamanan yang lebih baik.

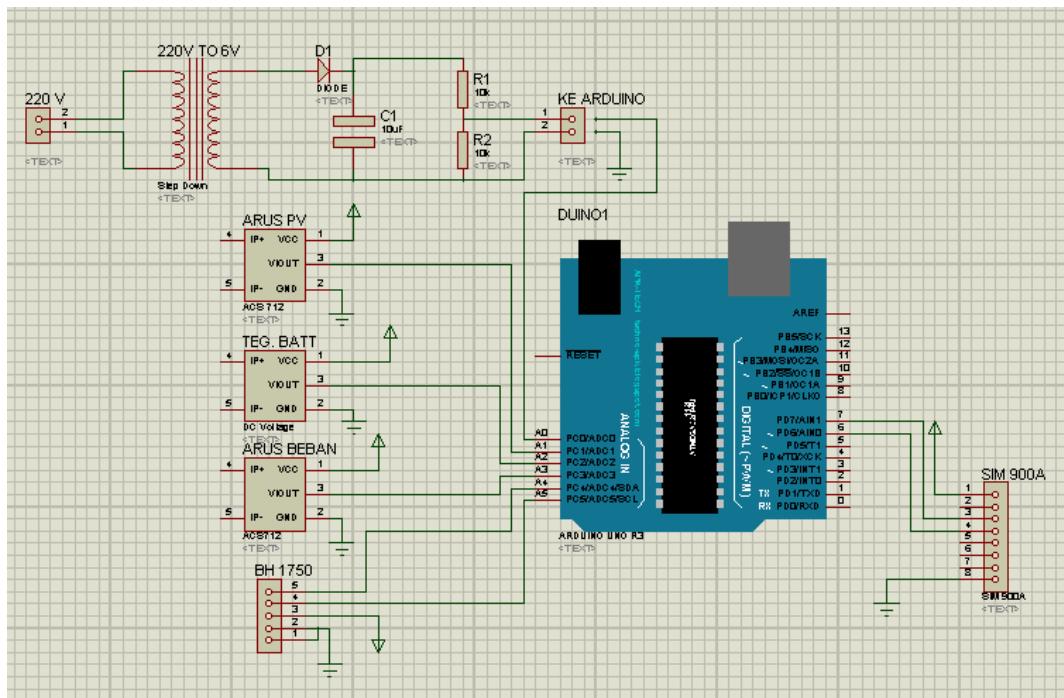
## DAFTAR PUSTAKA

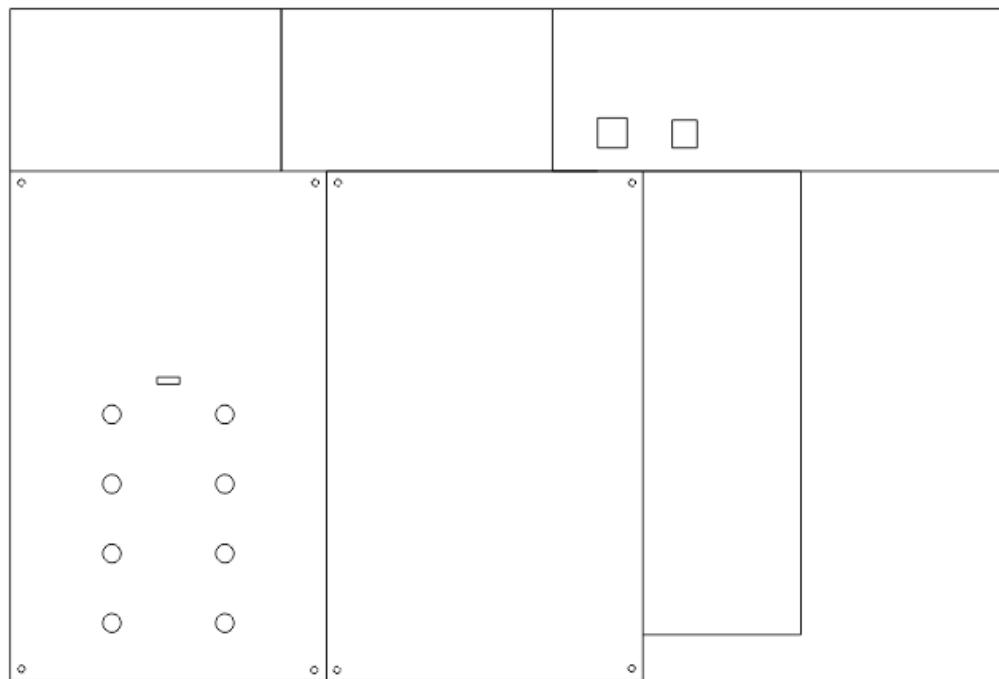
- Dayita, dkk. (2011). Monitoring Pemakaian Energi Listrik Berbasis Mikrokontroler Secara *Wireless*. Jurusan Teknik Elektro Industri PENS-ITS.
- Feri Djuandi. (2011). Pengenalan Arduino. Jakarta : Tobuku.com.
- Fitriandi Afrizal. (2016). Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler dengan SMS *Gateway*. Electrician. Vol 10. No.2. 1-12.
- Harjono Dojodiharjo. (2012). Pengantar ringkas sistem tenaga surya. Bandung: Mambruk Energy international.
- Hidayat Rahmad. (2013). Pengertian dan Fungsi Baterai Aki. Diakses pada tanggal 22 April 2017, <http://www.kitapunya.net/2013/12/pengertian-dan-fungsi-baterai-aki.html>.
- Imam Muda. (2013). Elektronika Dasar. Malang: Gunung Samudera.
- Jufri HR Hilman, dkk. (2013). Rancang bangun Alat Ukur Daya Arus Bolak-Balik Berbasis Mikrokontroler Atmega8535. Universitas Sumatra Utara.
- Kho Dickson. (2017). Pengertian Transformator dan Prinsip Kerja Trafo. Diakses pada tanggal 18 Juli 2017, <http://teknikelektronika.com/pengertian-transformator-prinsip-kerja-trafo/>.
- Moi Syamsudin. (2016). Membuat Sendiri Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Diakses pada tanggal 4 Mei 2017, <http://www.14core.com/introduction-of-acs712-current-sensor-module-30a-with-arduino/>.
- Muchammad dan Setiawan Hendri. (2011). Peningkatan Efisiensi Modul Surya 50 WP dengan Penambahan Reflektor. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi FT Universitas Wahid Hasyim Semarang.
- Muchammad dan Yohana Eflita. (2010). Pengaruh Suhu Permukaan *Photovoltaic* Module 50 Watt Peak terhadap Daya Keluaran yang Dihasilkan Menggunakan Reflektor dengan Variasi Sudut Reflektor  $0^\circ, 50^\circ, 60^\circ, 70^\circ, 80^\circ$ . Rotasi Jurnal Teknik Mesin Unversitas Diponegoro. Vol. 12. No.4. 1-5.

- Purnama Agus. (2012). LCD Liquid Cristal Display .Diakses pada tanggal 22 April 2017, <http://elektronika-dasar.web.id/lcd-liquid-cristal-display/>.
- Quaschning, Volker. (2005).*Understanding Renewable Energy Systems*. London, Sterling, VA: Earthscan.
- Rosidi Imron Mohammad. (2016). Perancangan Monitoring Beban pada Sistem *Solar Cell* Berbasis Mikrokontroller Menggunakan SMS *Gateway*. Skripsi. Universitas Jember.
- Sukandarrumidi. (2013). Energi Terbarukan Konsep Dasar Menuju Kemandirian Energi. Yogyakarta : UGM Press.
- Suryatmo F. (2008). Teknik Listrik Arus Searah. Jakarta : Bumi Aksara.
- Suyadhi Septian D Tauufiq. (2010). Buku Pintar Robotika. Yogyakarta : Andi.
- Toiq Nur Muhammad. (2017). Membuat Desain Web Responsive dengan Bootstrap. Diakses pada tanggal 19 Juli 2017, <https://yukcoding.blogspot.com/2016/11/membuat-desain-web-responsive-dengan-bootstrap.html>.
- Vinay Sagar KN and Kusuma SM. *Home Automation Using Internet of Things*. *Intenational Research Journal of Engineering and Technology* (IRJET). Vol 2 Issue 3. 1-6.
- Winasis dkk. (2016). Desain Sisitem Monitoring Sistem *Photovoltaic* Berbasis *Internet of Things* (IoT). JNTETI. Vol.5. No.4. 1-7.

# LAMPIRAN

*Lampiran 1. Rangkaian Keseluruhan Alat*



*Lampiran 2. Desain Akrilik*

*Lampiran 3. Program Arduino*

```

#define ARUS1 A2
#include <SoftwareSerial.h>
#include <String.h>
#include <Wire.h>
#include <BH1750.h>
SoftwareSerial SIM900A(6, 7);
float teg_1,teg_2,arus_1,lux, luxs;
float NilaiACS=0.0,Samples=0.0,AvgACS=0.0,arus_2=0.0;
String site;
BH1750 lightMeter;

void setup()
{
    SIM900A.begin(38400);                      // the GPRS baud rate
    Serial.begin(9600);
    lightMeter.begin();
    pinMode(ARUS1, INPUT);
    delay(1000);
}

void loop()
{
    //tegangan AC
    int teg_ac = analogRead(A0);
    teg_1 = teg_ac *(220.0/850.0);
    Serial.println(teg_1,2);
    delay(1000);

    //tegangan DC
    int adc_dc = analogRead(A1);
    teg_2 = adc_dc*(25.0/1024.0);
    Serial.println(teg_2,2);
    delay(1000);

    //arus_1 AC
    int sensor_max1;
    sensor_max1 = getMaxValue1();
    float amplitude_current1=(float)(sensor_max1-
512)/1024*5/66*1000000;
    arus_1=amplitude_current1/1.414;
    Serial.println(arus_1/1000,2);
    delay(1000);

    //sensor arus_2 DC
    float byts=analogRead(A3);
    float volts = (byts/1023)*5;
    float arus_2=(2.50-volts)/0.100;
    if (arus_2<0)
    {
        arus_2=0;
    }
    Serial.println(arus_2);
}

```

```

delay(2000);

//luxmeter
uint16_t luxs = lightMeter.readLightLevel();
lux = luxs;
Serial.println(lux);
delay(1000);

kirimweb();
delay(30000);
if (SIM900A.available())
  Serial.write(SIM900A.read());
}

void kirimweb() {
  // deteksi GPRS
  SIM900A.println("AT+CGATT?");
  delay(100);
  toSerial();
  // bearer settings
  SIM900A.println("AT+SAPBR=3,1,\"CONTYPE\",\"GPRS\"");
  delay(2000);
  toSerial();

  // bearer settings
  SIM900A.println("AT+SAPBR=3,1,\"APN\",\"internet\"");
  delay(2000);
  toSerial();

  // bearer settings
  SIM900A.println("AT+SAPBR=1,1");
  delay(2000);
  toSerial();

  // initialize http service
  SIM900A.println("AT+HTTPINIT");
  delay(2000);
  toSerial();

  // set http param value
  site =
"AT+HTTPPARA=\"URL\", \"http://monitoringiot21.000webhostapp.com/input
.php?teg_1="+String(teg_1)+"&teg_2="+String(teg_2)+"&arus_1="+String(
arus_1)+"&arus_2="+String(arus_2)+"&lux="+String(lux)+"\"";
  SIM900A.println(site);
  delay(2000);
  toSerial();

  // set http action type 0 = GET, 1 = POST, 2 = HEAD
  SIM900A.println("AT+HTTPACTION=0");
  delay(6000);
  toSerial();

  SIM900A.println("");
}

```

```
SIM900A.println("AT+HTTPTERM");
toSerial();
delay(300);

SIM900A.println("");
delay(1000);
}
void toSerial(){
  while(SIM900A.available()!=0){
    Serial.write(SIM900A.read());
  }
}

int getMaxValue1()
{
  int sensorValue;    //value read from the sensor
  int sensorMax = 0;
  uint32_t start_time = millis();
  while((millis()-start_time) < 1000) //sample for 1000ms
  {
    sensorValue = analogRead(ARUS1);
    if (sensorValue > sensorMax)
    {
      /*record the maximum sensor value*/
      sensorMax = sensorValue;
    }
  }
  return sensorMax;
}
```

*Lampiran 4. Program Website*

```
/*-----input.php-----*/
<?php
$host = "localhost";
$user = "id2499293_monitor";
$pass = "iotiot123";
$database = "id2499293_monitor";

$koneksi =mysqli_connect($host,$user,$pass,$database);

$teg_1 = $_GET['teg_1'];
$teg_2 = $_GET['teg_2'];
$arus_1 = $_GET['arus_1'];
$arus_2 = $_GET['arus_2'];
$lux = $_GET['lux'];

$query=mysqli_query($koneksi,"INSERT INTO t_plts VALUES ('', now(),
'$teg_1', '$teg_2', '$arus_1', '$arus_2', '$lux')");

/*-----Index.php-----*/
<?php
ob_start();
require_once('config/~koneksi.php');
require_once('models/database.php');
$connection = new Database($host, $user, $pass, $database);
?>
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
  <head>
    <meta charset="utf-8">
    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-
scale=1.0">
    <title>Monitoring IoT</title>

    <!-- Bootstrap core CSS -->
    <link href="iot/css/bootstrap.css" rel="stylesheet">
    <link href="iot/DataTables/datatables.min.css" rel="stylesheet">

    <!-- Add custom CSS here -->
    <link href="iot/css/sb-admin.css" rel="stylesheet">
    <link rel="stylesheet" href="iot/fontawesome/css/font-
awesome.min.css">
  </head>
  <body>
    <div id="wrapper">
      <!-- Sidebar -->
      <nav class="navbar navbar-inverse navbar-fixed-top" role="navigation">
        <!-- Brand and toggle get grouped for better mobile display - ->
        <div class="navbar-header">
          <button type="button" class="navbar-toggle" data-
toggle="collapse" data-target=".navbar-ex1-collapse">
            <span class="sr-only">Toggle navigation</span>

```

```

        <span class="icon-bar"></span>
        <span class="icon-bar"></span>
        <span class="icon-bar"></span>
    </button>
    <a class="navbar-brand" href="">Sistem Monitoring Internet
of Things</a>
</div>
<!-- Collect the nav links, forms, and other content for
toggling -->
<div class="collapse navbar-collapse navbar-ex1-collapse">
    <ul class="nav navbar-nav side-nav">
        <li><a href="?page=dashboard"><i class="fa fa-
dashboard"></i> Dashboard</a></li>
        <li class="dropdown">
            <a href="#" class="dropdown-toggle" data-
toggle="dropdown"><i class="fa fa-caret-square-o-down"></i> PLTS <b
class="caret"></b></a>
            <ul class="dropdown-menu">
                <li><a href="?page=plts">Monitoring PLTS</a></li>
                <li><a href="?page=plts_grafik">Grafik</a></li>
            </ul>
        </li>
        <li class="dropdown">
            <a href="#" class="dropdown-toggle" data-
toggle="dropdown"><i class="fa fa-caret-square-o-down"></i> PLTB <b
class="caret"></b></a>
            <ul class="dropdown-menu">
                <li><a href="?page=pltb">Monitoring PLTB</a></li>
                <li><a href="?page=pltb_grafik">Grafik</a></li>
            </ul>
        </li>
    </ul>
    <ul class="nav navbar-nav navbar-right navbar-user">
        <li class="dropdown messages-dropdown">
            <a href="#" class="" data-toggle=""><i ></i> <b
class="caret"></b></a>
            <ul class="dropdown-menu">
                </ul>
            </li>
        </ul>
    </div><!-- /.navbar-collapse -->
</nav>

<div id="page-wrapper">
<?php
if(@$_GET['page'] == 'dashboard' || @$_GET['page'] == '') {
    include "views/dashboard.php";
} else if (@$_GET['page'] == 'plts') {
    include "views/plts.php";
} else if (@$_GET['page'] == 'plts_grafik') {
    include "views/plts_grafik.php";
} else if (@$_GET['page'] == 'pltb') {
    include "views/pltb.php";
}

```

```

        } else if (@$_GET['page'] == 'pltb_grafik') {
            include "views/pltb_grafik.php";
        }
    ?>
</div><!-- /#page-wrapper -->
</div><!-- /#wrapper -->
<!-- JavaScript -->
<script src="iot/js/jquery-1.10.2.js"></script>
<script src="iot/js/bootstrap.js"></script>
<script src="iot/DataTables/datatables.min.js"></script>
<script type="text/javascript">
    $(document).ready(function(){
        $('#datatables').DataTable();
    });
</script>
</body>
</html>

/*-----FolderModels-----*/
/*-----File-database.php-----*/
<?php
class Database {
    private $host;
    private $user;
    private $pass;
    private $database;
    public $conn;

    function __construct($host, $user, $pass, $database)
    {
        $this->host = $host;
        $this->user = $user;
        $this->pass = $pass;
        $this->database = $database;
        $this->conn = new mysqli($this->host, $this->user, $this-
>pass, $this->database) or die (mysqli_error());
        if (!$this->conn) {
            return false;
        } else {
            return true;
        }
    }
}
?>
/*-----File-m_plts.php-----*/
<?php

class plts {

    private $mysql;
    function __construct($conn)
    {

```

```

        $this->mysqli = $conn;
    }

    public function tampil ($no = null)
    {
        $db = $this->mysqli->conn;
        $sql = "SELECT * FROM t_plts";
        if ($no != null) {
            $sql .= " WHERE no = $no";
        }
        $query = $db->query($sql) or die ($db->error);
        return $query;
    }
}
?>
/*-----FolderReport-----*/
/*-----File-export_excel_plts.php-----*/
<?php

require_once('../config/~koneksi.php');
require_once('../models/database.php');
include "../models/m_plts.php";
$connection = new Database($host, $user, $pass, $database);
$plts = new plts($connection);
$fileName = "excel_plts-(".date('d-m-Y').").xls";
header("Content-Disposition: attachment; filename='$fileName'");
header("Content-Type: application/vnd.ms-excel");
?>
<table border="1px">
    <tr>
        <th>No.</th>
        <th>waktu</th>
        <th>Tegangan 1</th>
        <th>Tegangan 2</th>

```

```

        <th>Arus 1</th>
        <th>Arus 2</th>
        <th>Lux</th>
    </tr>
    <?php
    $no = 1;
    $tampil = $plts->tampil();
    while ($data = $tampil->fetch_object()) {
        echo "<tr>";
        echo "<td align=center>".$no++. "</td>";
        echo "<td align=left>".$data->waktu. "</td>";
        echo "<td align=left>".$data->teg_1. "</td>";
        echo "<td align=left>".$data->teg_2. "</td>";
        echo "<td align=left>".$data->arus_1. "</td>";
        echo "<td align=left>".$data->arus_2. "</td>";
        echo "<td align=left>".$data->lux. "</td>";
        echo "</tr>";
    }
    ?>
</table>
/*-----FolderViews-----*/
/*-----File-plts.php-----*/
<?php
include "models/m_plts.php";
$plts = new PLTS($connection);
?>
<div class="row">
    <div class="col-lg-12">
        <h1>Data Monitoring <small>Pembangkit Listrik Tenaga Surya</small></h1>
        <ol class="breadcrumb">
            </ol>
    </div>
</div>
<div class="row">
    <div class="col-lg-12">
        <div class="table-responsive">
            <table class="table table-bordered table-hover table-striped" id="datatables">
                <thead>

```

```

<tr >
    <th> NO </th>
    <th> WAKTU </th>
    <th> TEGANGAN 1 </th>
<th> TEGANGAN 2 </th>
    <th> ARUS 1 </th>
    <th> ARUS 2 </th>
    <th> LUX </th>
</tr>
</thead>
<tbody>
    <?php
    $no = 1;
    $tampil = $plts->tampil();
    while($data = $tampil->fetch_object()){
    ?>
    <tr>
        <td align="center"><?php echo $no++.".."; ?></td>
        <td>
            <?=date('d-m-Y h:i:s a', strtotime($data-
>waktu));?>
        </td>
        <td><?php echo $data->teg_1; ?></td>
        <td><?php echo $data->teg_2; ?></td>
        <td><?php echo $data->arus_1; ?></td>
        <td><?php echo $data->arus_2; ?></td>
        <td><?php echo $data->lux; ?></td>
    </tr>
    <?php
    }?>
</tbody>
</table>
<a href=".//report/export_excel_plts.php" target="_blank">
    <button class="btn btn-success"><i class="fa fa-
plus"></i>Export Excel</button>
    </a>
</div>
</div>
<div class="row">
    <div class="col-lg-12">
        <h1>PLTS<small> Grafik</small></h1>
        <ol class="breadcrumb">
            <li><a href=""><i class="fa fa-
dashboard"></i></a></li>
            <li><a href=""> PLTS</li>
            <li class="active"> Grafik PLTS</li>
        </ol>
    </div>
</div>

<div class="row">

```

```

<div class="col-lg-12">
<div id="data_plts"></div> <br>
<div id="data_plts2"></div> <br>
<div id="data_plts3"></div> <br>
<div id="data_plts4"></div> <br>
<div id="data_plts5"></div>
</div>
</div>
<?php
include "models/m_plts.php";
$plts = new PLTS($connection);
$tampil = $plts->tampil();
$waktu = array();
$teg_1 = array();
$teg_2 = array();
$ararus_1 = array();
$ararus_2 = array();
$lux = array();
while($data = $tampil->fetch_object()){
    $waktu[] = date('d-m-Y h:i:s a', strtotime($data->waktu));
    $teg_1[] = floatval($data->teg_1);
    $teg_2[] = floatval($data->teg_2);
    $ararus_1[] = floatval($data->ararus_1);
    $ararus_2[] = floatval($data->ararus_2);
    $lux[] = floatval($data->lux);
}
?>
<script src="iot/highcharts/highcharts.js"></script>
<script src="iot/highcharts/exporting.js"></script>
<script type="text/javascript">
Highcharts.chart('data_plts', {
    title: {
        text: 'Grafik Tegangan_1 Terhadap Waktu'
    },
    subtitle: {
        text: 'source: IOT.com'
    },
    xAxis: {
        categories: <?=json_encode($waktu); ?>,
        tickmarkPlacement: 'on',
        title: {
            enabled:false
        }
    },
    yAxis: {
        title: {
            text: 'Hasil Pembacaan Sensor'
        }
    },
    legend: {
        layout: 'vertical',
        align: 'right',
        verticalAlign: 'middle'
    },

```

```
plotOptions: {
    series: {
        type: 'datetime',
    }
},
series: [{
    name: 'Tegangan_1',
    data: <?=json_encode($teg_1); ?>
}]
});
</script>
<script type="text/javascript">
Highcharts.chart('data_plts2', {
    title: {
        text: 'Grafik Tegangan_2 Terhadap Waktu'
    },
    subtitle: {
        text: 'source: IOT.com'
    },
    xAxis: {
        categories: <?=json_encode($waktu); ?>,
        tickmarkPlacement: 'on',
        title: {
            enabled: false
        }
    },
    yAxis: {
        title: {
            text: 'Hasil Pembacaan Sensor'
        }
    },
    legend: {
        layout: 'vertical',
        align: 'right',
        verticalAlign: 'middle'
    },
    plotOptions: {
        series: {
            type: 'datetime',
        }
    },
    series: [{
        name: 'Tegangan_2',
        data: <?=json_encode($teg_2); ?>
    }]
});
</script>
<script type="text/javascript">
Highcharts.chart('data_plts3', {
    title: {
        text: 'Grafik Arus_1 Terhadap Waktu'
    },
    subtitle: {
        text: 'source: IOT.com'
    }
});
</script>
<script type="text/javascript">
Highcharts.chart('data_plts4', {
    title: {
        text: 'Grafik Arus_2 Terhadap Waktu'
    },
    subtitle: {
        text: 'source: IOT.com'
    }
});
</script>
```

```
        },
        xAxis: {
            categories: <?=json_encode($waktu); ?>,
            tickmarkPlacement: 'on',
            title: {
                enabled:false
            }
        },
        yAxis: {
            title: {
                text: 'Hasil Pembacaan Sensor'
            }
        },
        legend: {
            layout: 'vertical',
            align: 'right',
            verticalAlign: 'middle'
        },
        plotOptions: {
            series: {
                type: 'datetime',
            }
        },
        series: [
            {
                name: 'Arus 1',
                data: <?=json_encode($arus_1); ?>
            }
        ]
    });
</script>
<script type="text/javascript">
Highcharts.chart('data_plts4', {
    title: {
        text: 'Grafik Arus_2 Terhadap Waktu'
    },
    subtitle: {
        text: 'source: IOT.com'
    },
    xAxis: {
        categories: <?=json_encode($waktu); ?>,
        tickmarkPlacement: 'on',
        title: {
            enabled:false
        }
    },
    yAxis: {
        title: {
            text: 'Hasil Pembacaan Sensor'
        }
    },
    legend: {
        layout: 'vertical',
        align: 'right',
        verticalAlign: 'middle'
    },

```

```
plotOptions: {
    series: {
        type: 'datetime',
    }
},
series: [{
    name: 'Arus 2',
    data: <?=json_encode($arus_2); ?>
}]
});
</script>
<script type="text/javascript">
Highcharts.chart('data_plts5', {
    title: {
        text: 'Grafik Lux Terhadap Waktu'
    },
    subtitle: {
        text: 'source: IOT.com'
    },
    xAxis: {
        categories: <?=json_encode($waktu); ?>,
        tickmarkPlacement: 'on',
        title: {
            enabled: false
        }
    },
    yAxis: {
        title: {
            text: 'Hasil Pembacaan Sensor'
        }
    },
    legend: {
        layout: 'vertical',
        align: 'right',
        verticalAlign: 'middle'
    },
    plotOptions: {
        series: {
            type: 'datetime',
        }
    },
    series: [{
        name: 'lux',
        data: <?=json_encode($lux); ?>
    }]
});
</script>
```